



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO
VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) - SECTOR CANTORCILLO
(KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE
MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

Autor

Bach. Karina Huaman Alvis

Asesor:

Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón

TOMO I

Tarapoto - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO
VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) – SECTOR CANTORCILLO
(KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE
MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO CIVIL**

Autor

Bach. Karina Huaman Alvis

Asesor:

Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón

Tarapoto – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO
VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) – SECTOR CANTORCILLO
(KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE
MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO CIVIL**

Autor

Bach. Karina Huaman Alvis

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado
el día 11 de abril de 2018**

.....
Ing. JORGE ISAACS RIOJA DIAZ

Presidente

.....
Ing. JUVENAL VICENTE DÍAZ AGIP

Secretario

.....
Ing. Mag. RUBEN DEL ÁGUILA PANDURO

Miembro

.....
Ing. CARLOS S. HUAMÁN TORREJÓN

Asesor

Declaratoria de autenticidad

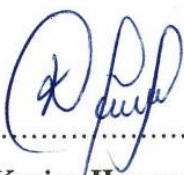
Yo **Karina Huaman Alvis**, identificada con DNI N°47173119, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **“DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) – SECTOR CANTORCILLO (KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencia para las fuentes consultadas.
Por lo tanto, la tesis no ha sido auto plagiado ni total ni parcialmente.
3. El trabajo de tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo a título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni publicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuanta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 11 de abril del 2018


.....
Karina Huaman Alvis
DNI N°47173119



DECLARACION JURADA

Yo Karina Huaman Alvis identificada con DNI N° 47173119, domicilio legal en Jr. Tacna N° 578 – Rioja a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO** que todos los documentos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido acepto la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 11 de abril del 2018



.....
Firma



.....
huella Digital

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Huamán Alvis Karina		
Código de alumno :	113152	Teléfono:	969616993
Correo electrónico :	Karinahuamana@gmail.com	DNI:	47173119

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Diseño Geométrico a nivel de Afirmado de camino nacional EMP. PE-08B (Habana) - Sector Cantorcillo (KM00+000 al 05+000), distrito de Habana, provincia de Mayabamba, Región San Martín
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

01 / 06 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a **Dios** amante de la vida, que desde toda la eternidad me amó sin condiciones y juró estar conmigo en todo momento, dándome las fuerzas a pesar de mis cansancios, para no desmayar en la consecución de mis propósitos hasta ver concretado este logro que hoy comparto con alegría.

A mis padres **Gilda Alvis Tomanguilla y Guinaldo Huaman Mendoza y hermana Mileny Huaman Alvis**, que con cuanto esfuerzo y valentía en medio de las dificultades confiaron en mí, y supieron contagiarme con sus vidas el valor del esfuerzo y la alegría de los logros. Tanto soy, tanto tengo, tanto se lo debo a ustedes.

A mi querido primo **Fredy Poquioma Mendoza**, que desde el cielo hoy comparte conmigo este acontecimiento de gozo. Juntos soñábamos con un futuro prometedor, pero hoy, yo sigo soñando y, tú, cada mañana me sigues despertando para abrir los ojos y mirar la vida con fe y valentía.

AGRADECIMIENTO

Con el corazón rebosante de gozo expreso mi mayor gratitud a **Dios**, por regalarme la vida y, porque, siempre lo he tenido de mi lado en todo el proceso de mi formación profesional. Agradezco también a mis padres por el apoyo incondicional que me brindan y porque me enseñaron a perseverar y a luchar para forjarme un horizonte claro en la vida.

Agradezco a la **Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto**, la cual de múltiples maneras me ha permitido concretar mis deseos de formarme tanto profesional como humanamente para servir y cooperar en el desarrollo de nuestros pueblos. Doy gracias también, a ingenieros que fueron mis docentes, porque compartiendo conmigo sus conocimientos, amistad y experiencia de la vida, me reafirmaron en el compromiso personal y social que implica toda profesión.

Asimismo, agradezco al **Instituto Vial Provincial Municipal De Moyobamba** por todo el apoyo brindado durante la ejecución de este trabajo, sin el cual hubiese sido imposible hacerlo realidad.

INDICE

CARATULA

CONTRACARATULA

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

RESUMEN xviii

ABSTRACT xix

INTRODUCCION

1.1. Generalidades..... 1

1.2. Exploración preliminar orientando la investigación 2

1.3. Aspectos generales de estudio 2

1.3.1. Ubicación geográfica 2

1.3.2. Aspectos generales de la zona del proyecto..... 4

1.3.2.1. Altitud..... 4

1.3.2.2. Clima 4

1.3.2.3. Topografía y sismología..... 4

1.3.2.3.1. Topografía 4

1.3.2.3.2. Sismología 4

1.3.2.4. Ubicación y accesibilidad..... 4

1.3.2.4.1. Ubicación 4

1.3.2.4.2. Accesibilidad..... 5

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema..... 6

2.1.1. Antecedentes del problema 6

2.1.2. Planteamiento del problema..... 6

2.1.3. Delimitación del problema 7

2.1.4. Formulación de problema 7

2.2. Objetivos 8

2.2.1. Objetivos generales 8

2.2.2. Objetivos específicos 8

2.3. Justificación..... 8

2.4. Delimitación de la investigación..... 8

2.5. Marco teórico y conceptual..... 9

2.5.1. Antecedentes de la investigación.	9
2.5.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación.....	9
2.5.2.1. Clasificación de las carreteras	9
2.5.2.1.1. Clasificación según la jurisdicción:.....	9
2.5.2.2. Metodología para el estudio de la demanda de tránsito	10
2.5.2.2.1. El Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA).....	10
2.5.2.3. La velocidad de diseño y su relación con el costo de la carretera.....	11
2.5.2.3.1. Definición de la velocidad de diseño	11
2.5.2.3.2. Velocidad de circulación	11
2.5.2.4. Sección transversal de diseño.....	11
2.5.2.5. Tipos de superficie de rodadura	12
2.5.2.6. Elementos del diseño geométrico.....	12
2.5.2.6.1. Distancia de visibilidad	14
2.5.2.6.2. Visibilidad de parada.....	14
2.5.2.6.3. Visibilidad de adelantamiento	14
2.5.2.7. Alineamiento horizontal	15
2.5.2.7.1. Curvas horizontales	15
2.5.2.7.2. Curvas de transición	15
2.5.2.7.3. Distancia de visibilidad en curvas horizontales	17
2.5.2.7.4. El peralte de la carretera.....	17
2.5.2.7.5. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares.....	19
2.5.2.8. Alineamiento vertical	20
2.5.2.8.1. Consideraciones para el alineamiento vertical	20
2.5.2.8.2. Curvas verticales	20
2.5.2.8.3. Pendiente	21
2.5.2.9. Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical	22
2.5.2.10. Sección transversal	23
2.5.2.10.1. Calzada	23
2.5.2.10.2. Bermas.....	24
2.5.2.10.3. Ancho de la plataforma	25
2.5.2.10.4. Plazoletas.....	25
2.5.2.11. Eje de la carretera.....	25
2.5.2.11.1. Curvas horizontales.....	26
2.5.2.11.2. Sobreancho.....	27

2.5.2.11.3.	Diseño vertical.....	27
2.5.2.11.4.	Perfil longitudinal.....	28
2.5.2.12.	Catálogo estructural de superficie de rodadura	28
2.5.2.13.	Materiales y partidas específicas de la capa granular de rodadura.....	30
2.5.2.13.1.	Capa de afirmado.....	30
2.5.2.14.	Estabilizaciones	31
2.5.2.14.1.	Capa superficial del afirmado.....	32
2.5.2.14.2.	Estabilización granulométrica	33
2.5.2.15.	Fuente de materiales - Cantera	33
2.5.2.16.	Topografía	34
2.5.2.16.1.	Topografía y trazado	34
2.5.2.16.2.	Coordinación entre el trazo en planta y el trazo en elevación.....	35
2.5.2.17.	Drenaje superficial	36
2.5.2.17.1.	Consideraciones generales	36
2.5.2.17.2.	Elementos físicos de drenaje superficial	39
2.5.2.17.3.	Hidrológica y cálculos hidráulicos	39
2.5.3.	MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGIA BÁSICA	43
2.5.4.	Marco histórico.	46
2.5.5.	Hipótesis a demostrar.....	47
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	Materiales.....	48
3.1.1.	Recursos humanos.....	48
3.1.2.	Recursos materiales.....	48
3.1.3.	Recursos equipos.....	48
	Equipos de Campo.....	48
	Equipos de Gabinete.....	49
3.1.4.	Otros recursos.....	49
3.2.	Metodología	49
3.2.1.	Universo y muestra	49
3.2.1.1.	Universo	49
3.2.1.2.	Muestra.....	49
3.2.2.	Sistema de variables.....	49
3.2.2.1.	Variable independiente.....	49
3.2.2.2.	Variable dependiente.....	49

3.2.3. Diseño experimental de la investigación.....	49
3.2.4. Diseño de instrumentos	50
3.2.4.1. Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos	50
3.2.5. Procesamiento de la información	50
3.2.5.1. Análisis e interpretación de datos.....	50
3.2.5.2. Información del proyecto:	51
3.2.5.2.1. Secciones transversales	51
3.2.5.2.2. Trazo del perfil longitudinal.....	51
3.2.5.3. Clasificación de la vía	51
3.2.5.4. Criterios generales de aplicación.....	52
3.2.5.4.1. Velocidad directriz	52
3.2.5.5. Alineamiento horizontal	54
3.2.5.6. Curvas horizontales	54
3.2.5.6.1. Radios mínimos normales	54
3.2.5.6.2. Peraltes y sobrehanchos	54
3.2.5.7. Secciones transversales	54
3.2.5.7.1. Calzada	54
3.2.5.7.2. Plazoletas de cruce	54
3.2.5.7.3. Transición de peralte	54
3.2.5.8. Trazado de perfil longitudinal	54
3.2.5.8.1. Perfil longitudinal propuesto	54
3.2.5.8.2. Pendientes.....	54
3.2.5.9. Exploración de canteras.....	55
3.2.5.10. Estudios de mecánica de suelos.....	55
3.2.5.10.1. Ubicación de calicatas realizadas	56
3.2.5.10.2. Muestreo de suelos y pruebas practicadas.....	56
3.2.5.10.3. Capacidad portante CBR	56
3.2.5.10.4. Ensayos de laboratorio efectuados	56
3.2.5.11. Estudio de tráfico	57
3.2.5.11.1. Volumen de tráfico.....	57
3.2.5.11.2. Numero de repeticiones de ejes equivalentes.....	57
3.2.5.11.2.1. Calculo de número de repeticiones	58
3.2.5.12. Diseño de pavimento	58
3.2.5.13. Estudio hidráulico	58

3.2.5.13.1. Obras de drenaje.....	58
3.2.5.13.1.1. Alcantarillas, badenes y cunetas longitudinales	58
3.2.5.14. Señales de tránsito	59

RESULTADOS

4.1. Recopilación de información	60
4.1.1. Vista de campo preliminar	60
4.1.2. Estudio socioeconómico.....	60
4.2. Diseño geométrico de la carretera.....	61
4.2.1. Levantamiento topográfico	61
4.2.2. Velocidad de diseño	61
4.2.3. Determinación del radio de curvatura	61
4.2.4. Distancia de visibilidad	62
4.2.5. Sección transversal.....	62
4.2.5.1. Calzada	62
4.2.5.2. Bombeo	62
4.2.5.3. Plazoletas de cruce	63
4.2.6. Alineamiento horizontal.....	63
4.2.7. Perfil longitudinal.....	64
4.3. Estudio de suelos.....	64
4.3.1. Tipos de suelos de la subrasante	64
4.3.2. Capacidad portante (CBR)	65
4.4. Estudio de cantera	66
4.4.1. Cantera “Garate”	66
4.4.1.1. Potencia	66
4.4.2. Cantera “La bajada de Inguri”	66
4.4.2.1. Potencia	66
4.4.3. Fuentes de agua	66
4.5. Diseño de pavimento.....	67
4.5.1. Diseño del espesor del pavimento.....	67
4.5.1.1. Determinación del CBR de diseño	67
4.5.1.2. Espesor de la capa de afirmado	68
4.6. Diseño de obras de drenaje	69
4.7. Señalización	70

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Estudio socioeconómico.....	71
5.2. Estudios de ingeniería	71
5.2.1. Estudio de suelos.....	71
5.2.2. Diseño geométrico de la carretera.....	71
5.2.3. Diseño del pavimento.....	72
5.2.4. Diseño de obras de drenaje	72
5.2.5. Señalización	72
5.3. Contratación de hipótesis.....	72
Conclusiones y Recomendaciones.....	73
Referencias Bibliograficas.....	76
Anexos.....	77

Anexo 1. Estudio de trafico

Anexo 2. Diseño geometrico

Anexo 3. Estudio hidrológico y diseño de obras de drenaje

Anexo 4. Estudio de mecanica de suelos

Anexo 5. Panel fotografico

Anexo 6. Planos

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Distancia de visibilidad de parada (metros)	14
TABLA 2: Distancia de visibilidad de adelantamiento	15
TABLA 3: Necesidad de curvas de transición	16
TABLA 4: Longitud deseable de la curva transicion	16
TABLA 5: Fricción transversal máxima en curvas.....	17
TABLA 6: Radios mínimos y peraltes máximos.....	18
TABLA 7: Longitudes minimas de transición de bombeo y transición de peralte (m).....	19
TABLA 8: Ancho de la calzada en curvas circulares, calzada de dos carriles de circulares (m).....	19
TABLA 9: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	21
TABLA 10: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	21
TABLA 11: Pendientes máximas	22
TABLA 12: Ancho minimo deseable de la calzada en tangente	24
TABLA 13: Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma	25
TABLA 14: Granulometría para cada tipo de afirmado.....	31
TABLA 15: Características de la plasticidad para la capa superficial del afirmado.....	33
TABLA 16: Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos períodos de retorno.....	37
TABLA 17: Períodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito	37
TABLA 18: Dimensiones mínimas de las cunetas.....	39
TABLA 19: Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora.....	41
TABLA 20: Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía.....	41
TABLA 21: Coeficiente de escorrentia	42
TABLA 22: Coeficiente de escorrentia	42
TABLA 23: Valores del coeficiente de manning	42
TABLA 24: Clasificacion por orografía.....	52
TABLA 25: Orografía según tramos	52
UADRO 26: Velocidad de diseño	53
TABLA 27: Ubicación de calicatas.....	56
TABLA 28: Resumen del volumen promedio diario anual (Veh/Día).....	57
TABLA 29: Población del distrito de habana	60

TABLA 30: Tabla de producción de los principales cultivos en la zona del proyecto	60
TABLA 31: Control altimétrico	61
TABLA 32: Velocidad de diseño	61
TABLA 33: Radio mínimo.....	61
TABLA 34: Radio de curvatura	62
TABLA 35: Distancia de visibilidad.....	62
TABLA 36: Ubicación de las plazoletas de cruce.....	63
TABLA 37: Elementos de curvas horizontales	63
TABLA 38: Pendiente longitudinal.....	64
TABLA 39: Tipos de suelos de la sub-rasante	65
TABLA 40: Valores de C.B.R.....	65
TABLA 41: Ensayos de laboratorio	66
TABLA 42: Ensayos de laboratorio	66
TABLA 43: Resumen de descripción de los suelos	67
TABLA 44: Estimación del cbr de diseño.....	68
TABLA 45: Obras de arte proyectadas (alcantarillas y baden).....	69
TABLA 46: Obras de arte proyectadas (cunetas).....	69
TABLA 47: Señales de tránsito proyectadas.....	70

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Ubicación del Perú en Sudamérica.....	03
FIGURA 2: Ubicación San Martín en el Perú	03
FIGURA 3: Ubicación de Moyobamba en San Martín	03
FIGURA 4: Ubicación del proyecto de tesis	03
FIGURA 5: Figura de curva horizontal	26
FIGURA 6: Sobreancho en curvas	27
FIGURA 7: Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.....	28
FIGURA 8: Catálogo de capas de revestimiento granular	29

INDICE DE PLANOS

PLANO 1: Plano de ubicación	(U-01)
PLANO 2: Plano clave	(PC-01)
PLANO 3: Planta y perfil longitudinal: km 0+000 – km 1+000.....	(PPL-01)
PLANO 4: Planta y perfil longitudinal: km 1+000 – km 2+000.....	(PPL-02)
PLANO 5: Planta y perfil longitudinal: km 2+000 – km 3+000.....	(PPL-03)
PLANO 6: Planta y perfil longitudinal: km 3+000 – km 4+000.....	(PPL-04)
PLANO 7: Planta y perfil longitudinal: km 4+000 – km 5+000.....	(PPL-05)
PLANO 8: Secciones transversales km 0+000 – km 0+500	(ST-01)
PLANO 9: Secciones transversales km 0+520 – km 0+900	(ST-02)
PLANO 10: Secciones transversales km 0+910 – km 1+290	(ST-03)
PLANO 11: Secciones transversales km 1+300 – km 1+640	(ST-04)
PLANO 12: Secciones transversales km 1+660 – km 2+060	(ST-05)
PLANO 13: Secciones transversales km 2+080 – km 2+560	(ST-06)
PLANO 14: Secciones transversales km 2+570 – km 2+940	(ST-07)
PLANO 15: Secciones transversales km 2+960 – km 3+390	(ST-08)
PLANO 16: Secciones transversales km 3+400 – km 3+790	(ST-09)
PLANO 17: Secciones transversales km 3+800 – km 4+120	(ST-10)
PLANO 18: Secciones transversales km 4+130 – km 5+540	(ST-11)
PLANO 19: Secciones transversales km 4+550 – km 5+000	(ST-12)
PLANO 20: Diseño cabezal típico, tipo TMC Ø=24" detalles de refuerzo. (ALC-TMC-DR)	
PLANO 21: Diseño cabezal típico, tipo TMC Ø=36" detalles de refuerzo. (ALC-TMC-DR)	
PLANO 22: Detalle típico de badén	(BD - 01)
PLANO 23: Sección típica	(SST-01)
PLANO 24: Plano de señalización km 0+000 – km 2+000	(PS-01)
PLANO 25: Plano de señalización km 2+000 – km 4+000	(PS-02)
PLANO 26: Plano de señalización km 4+000 – km 5+000	(PS-03)
PLANO 27: Plano de ubicación de canteras	(PC-01)

RESUMEN

El presente proyecto de tesis denominado “DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) – SECTOR CANTORCILLO (KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN”, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Surgió ante la necesidad de la población que incluyen los productores del sector cantorcillo del distrito de habana, de solucionar los problemas causados por el mal estado de la vía de acceso y que generan altos costos de flete para el transporte de los productos cultivados en la zona hacia los mercados de consumo, por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas, empezando con el diagnóstico de la realidad en cuanto al estado de la vía y la importancia de la misma. Para el diseño geométrico de la vía se realizaron estudios preliminares en campo como estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico y estudios hidrológicos, posteriormente en gabinete se realizaron cálculos de diseño siguiendo los parámetros de las normas de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas y de bajo volumen de tránsito, determinando los elementos de diseño y posteriormente el espesor del afirmado necesario para garantizar la fácil y óptima transitabilidad de vehículos livianos y pesados, y así facilitar a los productores transportar sus productos en buen estado y con bajo costo de flete hacia los mercados de consumo.

Se desarrolló el diseño geométrico a nivel de afirmado de la vía proponiendo los un espesor de afirmado y obras de drenaje transversal como alcantarillas y badenes, elementos de señalización vial, de esta manera contribuir al desarrollo socioeconómico de los productores del sector cantorcillo y el distrito de Habana, así mismo poner en práctica los conocimientos de la carrera de Ingeniería Civil, obtenidos en las aulas de la facultad.

Palabras claves: Diseño Geométrico, Estado, Vía, afirmado, transitabilidad.

ABSTRACT

The following thesis project denominated "GEOMETRIC DESIGN AT THE LEVEL OF AFFIRMATION OF THE NEIGHBOR ROAD EMP. PE-08B (HABANA) - SECTOR CANTORCILLO (KM 00 + 000 AL 05 + 000), DISTRICT OF HAVANA, PROVINCE OF MOYOBAMBA, SAN MARTIN REGION", was developed in the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martin - Tarapoto.

It arose in response to the need of the population, which includes the producers of the Cantorcillo sector of the district of Havana, to solve the problems caused by the bad state of the access road and that generate high freight costs for the transport of the products grown in the area. towards the consumer markets, so that the present research project seeks to solve these problems, starting with the diagnosis of the reality regarding the state of the road and the importance of it. For the geometric design of the road, preliminary studies were carried out in the field such as a soil mechanics study, traffic study and hydrological studies. Subsequently, design calculations were carried out following the parameters of geometric design standards for unpaved roads and roads. low volume of traffic, determining the design elements and subsequently the thickness of the necessary to ensure the easy and optimal transit of light and heavy vehicles, and thus facilitate producers transport their products in good condition and low cost of freight to the consumer markets.

The geometric design was developed at the level of the road, proposing the thickness of the affirmed and transversal drainage works such as culverts and speed bumps, elements of road signs, in this way contributing to the socioeconomic development of the producers of the Cantorcillo sector and the district of Havana, likewise put into practice the knowledge of the career of Civil Engineering, obtained in the classrooms of the faculty.

Keywords: Geometric Design, state Via, affirmed, transit fluence.



CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. Generalidades

La transitabilidad de una vía para los vehículos livianos, pesados y peatonales, no solo depende de la libre disponibilidad del ancho de calzada a lo largo de la vía, sino que también del estado de la misma. En el Perú, las vías terrestres se enfrentan a diferentes dificultades, ya que el territorio presenta diversos accidentes morfológicos constituyendo un desafío permanente que acentúa la desintegración nacional, la Cordillera de los Andes constituye el principal obstáculo para el desarrollo de la vías de comunicación terrestre en el Perú pues aparece como una barrera que separa y aísla las tres grandes regiones geográficas.

El crecimiento de la población hace que existan más necesidades de crecimiento de producción de alimentos básicos, por lo que los productores buscan aumentar áreas de cultivo, alejándose cada vez más de las vías principales como las vías nacionales y departamentales, por lo que se hacen necesarios la apertura y el buen estado de transitabilidad de nuevas vías de comunicación, para el transporte de los productos cultivados en la zona.

Las condiciones sociales y de producción en general y particularmente de la zona rural en estudio, se han visto sumamente afectadas por motivos del deterioro de los accesos viales a zona de producción agrícola con respecto a los mercados de consumo, este efecto va afectando también la calidad de vida de las familias de los productores de la zona, con el alza incontrolable de tarifas y fletes, pérdidas de la producción agropecuaria, reducción de ingreso y empleo rural, incremento de la pobreza, etc, las que son generadas por el deterioro y mal estado del camino vecinal.

Con el presente proyecto se pretende da una propuesta para el mejoramiento del estado de la vía y garantizar el buen servicio de transitabilidad a los productores en el distrito de Calzada. Por lo que la investigación desarrollará un aporte y contribución a la sociedad, conscientes de la problemática vial en la provincia de Moyobamba. Este aporte consiste básicamente en una propuesta de diseño geométrico a nivel de afirmado partiendo de diferentes estudios preliminares y beneficiar a los sectores como Cantorcillo del distrito de Habana, de la provincia de Moyobamba, aportando también con las entidades responsables con la información técnica para ser ejecutada en un futuro y atender las necesidades de estos sectores de producción.

1.2. Exploración preliminar orientando la investigación

Las vías vecinales apertura para la comunicación de dos puntos, requiere de un estado de transitabilidad adecuada y para ello es necesario hacer un trabajo adecuado y cumpliendo con las normas y este proceso se denomina Diseño geométrico y realiza a través de los estudios preliminares como estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos, estudios hidrológicos, etc.

Para realizar un correcto trabajo de diseño geométrico, se hace necesario principalmente los trabajos de campo y como información primaria se considera las encuestas y aforos a los productores del sector, para obtener la información como las áreas cultivadas, los tipos de productos cultivados y los costos de transporte de los mismos.

El mayor porcentaje de los caminos vecinales de la provincia de Moyobamba no cuentan con un estado de transitabilidad adecuado, generando a la población preocupación y descontento con las autoridades, ya que el transporte de los productos de cultivo hacia los mercados de consumo se hace más difícil.

Ante esta necesidad, surge la importancia de contar con un estado eficiente de la vía y que contribuya al progreso y bienestar social y el crecimiento socioeconómico de la población, es por ello que elaboro el presente proyecto de tesis, denominado “DISEÑO GEOMÉTRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL EMP. PE-08B (HABANA) – SECTOR CANTORCILLO (KM 00+000 AL 05+000), DISTRITO DE HABANA, PROVINCIA DE MOYOBAMBA, REGIÓN DE SAN MARTÍN”

1.3. Aspectos generales de estudio

1.3.1. Ubicación geográfica

El Proyecto de tesis está ubicada en las áreas geográficas pertenecientes al distrito de Habana.

Región : San Martín

Departamento : San Martín

Distrito : Habana

Sector : Cantorcillo



Figura 1: Ubicación del Perú en Sudamérica



Figura 2: Ubicación de San Martín en el Perú



Figura 3: Ubicación de Moyobamba en San Martín

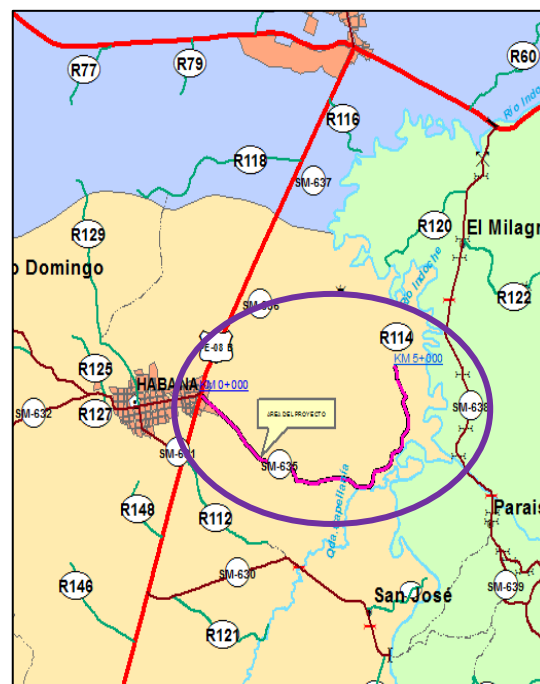


Figura 4: Ubicación del proyecto de tesis.

1.3.2. Aspectos generales de la zona del proyecto

1.3.2.1. Altitud

El camino vecinal en estudio se desarrolla entre 859.15 msnm (km 0+00, Emp. Pe-08b Habana) y 835.79 msnm (km 5+000), ubicado en el sector de Cantorcillo.

1.3.2.2. Clima

La zona del proyecto, posee un clima que va de ligero a moderadamente húmedo, semi-cálido, que abarca toda la extensión del valle del Alto Mayo, la temperatura en la zona oscila de 18 °C a 28 °C, la temperatura máxima promedio se mantiene relativamente uniforme durante el año, igualmente con la temperatura mínima promedio, aunque ésta, presenta una ligera tendencia a disminuir en los meses de Junio a Setiembre.

Los períodos más lluviosos se presentan en dos épocas del año, una comprendida desde Febrero hasta Abril y Mayo; y la segunda desde Setiembre a Octubre, y Noviembre. La época de baja precipitación por lo general se produce durante los meses de Julio a Agosto.

1.3.2.3. Topografía y sismología

1.3.2.3.1. Topografía

El área de estudio, tiene una topografía con pequeñas ondulaciones por las diferentes formaciones geológicas de la zona, gran parte del tramo es de topografía plana, ya que es una zona de terrenos agrícolas de cultivo de arroz.

1.3.2.3.2. Sismología

Según el Decreto Supremo N° 003 – 2016 - Vivienda, Decreto Supremo que modifica la norma técnica E.030 del RNE, la zona del proyecto se encuentra en la zonificación de peligro sísmico: **zona sísmica 3.**

1.3.2.4. Ubicación y accesibilidad

1.3.2.4.1. Ubicación

El camino vecinal en estudio, forma parte de la red vial de la provincia de Moyobamba, específicamente del distrito de Habana y su inicio se localiza en la carretera nacional PE-08B en el km. 00+000 (cruce Habana - Soritor), de ahí se sigue con dirección este hasta el sector cantorcillo donde se ubica el punto final del tramo en el km. 5+000.

1.3.2.4.2. Accesibilidad

Partiendo desde la ciudad de Moyobamba, desplazándonos en dirección norte por la carretera asfaltada PE-5N (Fernando Belaunde Terry), hacia la localidad de Calzada, desde allí se toma la dirección sur con dirección a la localidad de Habana, siguiendo la carretera nacional PE-08B, hasta el cruce de Habana (km 0+00), lugar de inicio de la vía en estudio, de allí se sigue en dirección sureste por el camino vecinal. Las distancias referenciales entre localidades, partiendo desde Moyobamba son:

Moyobamba – Calzada : 10.55 km.

Calzada – Inicio de Tramo : 4.96 km.

El camino vecinal en estudio, forma parte de la red vial de la provincia de Moyobamba, específicamente del distrito de Habana y su inicio se localiza en el empalme de la carretera nacional PE-08B en la localidad de Habana km. 00+000, de ahí se sigue con dirección este hasta el punto final del tramo sector cantorcillo km 05+00.

1.3.1. Características socio económicas

La principal actividad económica de la zona de influencia del Proyecto es la producción agrícola, destinada a la comercialización y al autoconsumo, con limitaciones para su transporte hacia los mercados de consumo. Teniendo como un recurso fundamental para la producción agropecuaria al recurso suelo.

Dentro de los principales cultivos que tiene la zona podemos destacar al arroz, en segundo el café, en tercer el cacao, en cuarto el plátano y en menores cantidades maíz, yuca, papaya, menestras, y otros. También podemos mencionar que el cultivo con gran demanda es el de pastos, el cual es estacionario y utilizado sólo para ganado vacuno.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema.

2.1.1. Antecedentes del problema

El principal problema de esta vía tiene que ver con las condiciones sociales y de producción en general, particularmente de la zona rural en estudio. Las familias de esta zona se han visto sumamente afectadas por motivos del deterioro de los accesos de la producción agrícola hacia los mercados de consumo, que dependen fundamentalmente de los caminos vecinales del ámbito rural. Este efecto genera deterioro en la calidad de vida y redundando en el alza incontrolable de tarifas y fletes, pérdidas de la producción agropecuaria, reducción de ingreso y empleo rural, incremento de la pobreza, etc. Todo esto ha sido generado por el deterioro y mal estado del camino vecinal.

Este sector de estudio conduce a localidades muy importantes. Sin embargo, el mal estado de la vía, debido principalmente a escaso mantenimiento y falta de un buen diseño geométrico, sumado a las constantes precipitaciones pluviales que se da en la zona ha generado que ésta, en la actualidad, se encuentre intransitable.

Las condiciones sociales y de producción en general y particularmente de la zona rural en estudio, se han visto sumamente afectadas por motivos del deterioro de los accesos de la producción agrícola hacia los mercados de consumo que dependen fundamentalmente de los caminos vecinales del ámbito rural. Este efecto va deteriorando la calidad de vida de las poblaciones de la zona afectada con el alza incontrolable de tarifas y fletes, pérdidas de la producción agropecuaria, reducción de ingreso y empleo rural e incremento de la pobreza, etc., las que son generadas por el deterioro y mal estado del camino vecinal.

2.1.2. Planteamiento del problema

El diagnóstico situacional del servicio ha permitido identificar que todo este problema del que ya venimos hablando ha desembocado en otro problema no menor que es el bajo nivel de transitabilidad, ya que las zonas productivas del sector Cantorcillo se encuentran conectadas con un camino vecinal que se está deteriorando por la falta de mantenimiento adecuado. Así nos encontramos ahora con una considerable reducción del ancho de calzada, erosión de plataforma dificultando el traslado debido al mal estado de la misma.

El proyecto a ejecutar busca realizar el diseño geométrico de la Carretera que une el Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000), del distrito de Habana, la provincia de Moyobamba, Región de San Martín que consiste en el diseño de las

secciones rectas y tangentes de la vía, estén unidas por curvas. Para el diseño geométrico de curvas horizontales debemos reducirlas al mínimo, y tratar de utilizar curvas abiertas usando las más pronunciadas para las condiciones más críticas. En lo que concierne al diseño geométrico de curvas verticales se usan para proporcionar un cambio gradual entre las tangentes de la pendiente, de modo que los vehículos puedan transitar sin tropiezo a medida que recorren el tramo.

2.1.3. Delimitación del problema

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000), del distrito de Habana, la provincia de Mayabamba, Región de San Martín; pues solo se elaborará el diseño Geométrico del tramo en mención.

Delimitación Temática:

Al ser amplio el campo que mejoramiento esto va implicar un inventario vial:

Pavimento: Ancho y espesor de la calzada, bombeo, material de la superficie, daños de la carpeta (situación de la superficie de rodadura).

Drenaje: Alcantarillas, cunetas.

Obras de Arte: Puentes, pontones, badenes.

Puntos críticos: Zonas expuestas a peligros como curvas peligrosas, áreas inundables o de deslizamientos y taludes inestables.

Delimitación Espacial:

El presente estudio se verá si algunos métodos usados en otros lugares son aplicables en el Distrito de Habana. Esperando que cumplan con las características para una buena calidad y durabilidad de la vía.

Delimitación Temporal:

El presente proyecto se realizará durante el tiempo que implica la planificación, los trabajos en el campo y la posterior obtención de resultados en dicho sector los trabajos en Gabinete.

2.1.4. Formulación de problema

Por lo mencionado anteriormente formulamos la siguiente interrogante:

¿El diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000) del distrito de Habana, la provincia de Mayabamba, Región de San Martín permitirá mejorar la transitabilidad y contribuir al desarrollo socioeconómico?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivos generales

Realizar el Diseño Geométrico del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000), que permitirá contar con el transporte rápido y seguro de los productos de la zona y la disminuir el costo actual de transporte.

2.2.2. Objetivos específicos

Realizar el levantamiento topográfico del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000).

Realizar los estudios de mecánica de suelos y cantera del camino vecinal.

Elaborar el diseño geométrico del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000).

Realizar el diseño de las obras de drenaje del camino vecinal en estudio

2.3. Justificación

Un camino vecinal es el elemento básico del sistema vecinal que constituye la red alimentadora de Sistemas Departamental y/o Nacional, esencialmente son aquellos que unen pequeños poblados entre sí o los vinculan a carreteras más importantes, considerando el tráfico de diseño, por lo cual la vía en estudio está clasificada como tercera clase.

Frente a este acontecimiento y en el marco de la lucha contra la pobreza y con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales, a través del mejoramiento de los caminos vecinales, es necesario dar acceso a los grandes y medianos centros de producción y consumo; buscando asimismo crear las condiciones para la reactivación de la economía rural con mejores condiciones de transitabilidad.

2.4. Delimitación de la investigación

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000), del distrito de Habana, la provincia de Moyobamba, Región de San Martín; pues solo se elaborará el diseño Geométrico del tramo en mención.

Delimitación Temática:

Al ser amplio el campo que mejoramiento esto va implicar un inventario vial:

Pavimento: Ancho y espesor de la calzada, bombeo, material de la superficie, daños de la carpeta (situación de la superficie de rodadura).

Drenaje: Alcantarillas, cunetas.

Obras de Arte: Puentes, pontones, badenes.

Puntos críticos: Zonas expuestas a peligros como curvas peligrosas, áreas inundables o de deslizamientos y taludes inestables.

2.5. Marco teórico y conceptual

2.5.1. Antecedentes de la investigación.

Entre los libros y trabajos de investigación revisados, se encuentran vinculados los siguientes.

Según **Juan Moreno Bayona** en su libro “Manual para diseño de Carreteras” se cataloga como proyecto de mejoramiento vial, aquellos en que se hace necesario, la ejecución de obras sobre infraestructura vial existente en tramos que no superen en el 30% del total de la vía, comprende entre otras actividades las de : Ampliación de calzada, construcción de nuevos carriles, rectificación de alineamientos, mejoramiento del diseño geométrico horizontal y vertical, construcción de obras de drenaje, construcción y estabilización de afirmados, tratamientos superficiales, señalizaciones, demarcaciones, etc.

Así mismo **Paulo Bruno Saldaña Yañez** en su informe de tesis para obtener el grado de licenciado en Ingeniería titulado “Diseño de la Vía y Mejoramiento Hidráulico de Obra de Arte en la Carretera Loero-Jorge Chávez, Inicio en el KM 7.5, Distrito de Tambopata, Región Madre de Dios” indica que la presencia de acciones negativas por el mal estado del acceso a la vía y las constantes precipitaciones pluviales, genera un bajo nivel de desarrollo socioeconómico de las localidades, el deterioro continuo de la vía y la dificultad de los agricultores para trasladar sus productos hacia los mercados de la zona.

Del mismo modo **Harold Alberto Pérez García** en su informe de tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil titulado “Diseño Geométrico de la Carretera Margen Izquierdo Rio Mayo Caserío Gobernador Caserío Sapote (KM 09+000 al KM 12+000)” la rehabilitación de estructuras existentes es uno de los métodos más eficaces para reducir el riesgo de fallo de la estructura. Sin embargo, el desempeño sísmico de la estructura no se puede mejorar rehabilitándola a menos que el ingeniero seleccione una técnica apropiada en una evaluación sísmica de la estructura.

2.5.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación

2.5.2.1. Clasificación de las carreteras

2.5.2.1.1. Clasificación según la jurisdicción:

Sistema Nacional:

Corresponde la red de carreteras de Interés Nacional y que unen los puntos principales de una nación.

Este sistema que forma la red vial del país está formado por:

Carreteras Longitudinales

Carreteras de penetración

Carreteras de penetración

Sistema Departamental:

Compuesto por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscrita a la zona de un departamento, división política de la nación, uniendo Capitales de Provincia o zonas de Influencia Económica social dentro del mismo Departamento.

Sistema Vecinal:

Conformado por aquellas carreteras de carácter local y que unen aldeas y pequeñas poblaciones entre sí.

2.5.2.2. Metodología para el estudio de la demanda de tránsito

2.5.2.2.1. El Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA)

En los estudios del tránsito se puede tratar de dos situaciones: el caso de los estudios para carreteras existentes, y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente.

En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país.

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \dots\dots\dots(1)$$

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Años del periodo de diseño

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico, normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio. Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población.

Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

2.5.2.3. La velocidad de diseño y su relación con el costo de la carretera

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado vertical, con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

La velocidad de diseño está igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, por ende, con la sección transversal por adoptarse.

La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, consecuentemente, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado.

2.5.2.3.1. Definición de la velocidad de diseño

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

2.5.2.3.2. Velocidad de circulación

La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalar la carretera y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario, que se indicará mediante la señalización correspondiente.

2.5.2.4. Sección transversal de diseño

Es a la selección de las dimensiones que debe tener la sección transversal de la carretera, en las secciones rectas (tangente) y en los diversos tramos.

Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras de bajo volumen de tránsito, solo requerirán:

- a) Una calzada de circulación vehicular con dos carriles, una para cada sentido.

b) Para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia, según se estipula más adelante.

El ancho de la carretera, en la parte superior de la plataforma o corona, podrá contener además de la calzada, un espacio lateral a cada lado para bermas y para la ubicación de guardavías, muros o muretes de seguridad, señales y cunetas de drenaje.

La sección transversal resultante será más amplia en territorios planos en concordancia con la mayor velocidad del diseño. En territorios ondulados y accidentados, tendrá que restringirse lo máximo posible para evitar los altos costos de construcción, particularmente más altos en los trazados a lo largo de cañones flanqueados por farallones de roca o de taludes inestables.

2.5.2.5. Tipos de superficie de rodadura

En el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

Carreteras de tierra y carreteras de grava.

Carreteras afirmadas con material granular y/o estabilizados.

Los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada, establecen que a mayor tránsito pesado, medido en ejes equivalentes destructivos, se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la construcción debe impulsar el uso de materiales locales para abaratar la obra, lo que en muchos casos podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. También es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 psi libras por pulg² de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados.

2.5.2.6. Elementos del diseño geométrico

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidad necesaria.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes.
- d) La preservación del medio ambiente.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para este efecto, este manual incluye la manera en que debe resolverse los aspectos de diseño de la plataforma de la carretera; estabilidad de la carretera y de los taludes inestables; preservación del ambiente; seguridad vial; y diseño propiamente, incluyendo los estudios básicos necesarios, tales como topografía, geología, suelos, canteras e hidrología, que permiten dar sustento al proyecto.

Para el buen diseño de una carretera de bajo volumen de tránsito se consideran claves las siguientes prácticas:

Limitar al mínimo indispensable el ancho de la carretera para restringir el área alterada.

Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.

Proporcionar drenaje superficial adecuado.

Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%.

Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables.

Mantener una distancia de separación adecuada con los riachuelos y optimizar el número de cruces de cursos de agua.

Minimizar el número de contactos entre la carretera y las corrientes de agua.

Diseñar los cruces de quebradas y ríos con la suficiente capacidad y protección de las márgenes contra la erosión, permitiendo, de ser el caso, el paso de peces en todas las etapas de su vida.

Evitar la constricción del ancho activo de los riachuelos, ríos y cursos de agua (ancho con el caudal máximo).

Conseguir una superficie de rodadura de la carretera estable y con materiales físicamente sanos.

Instalar obras de subdrenaje donde se necesite, identificando los lugares activos durante la estación de lluvias.

Reducir la erosión colocando cubiertas vegetales o físicas sobre el terreno en cortes, terraplenes, salidas de drenajes y cualquier zona expuesta a corrientes de agua.

Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.

Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada.

Aplicar técnicas especiales al cruzar terrenos agrícolas, zonas ribereñas, y cuando se tienen que controlar las quebradas.

Cerrar o poner fuera de servicio a las carreteras cuando no se usen o cuando ya no se necesiten

2.5.2.6.1. Distancia de visibilidad

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia.

2.5.2.6.2. Visibilidad de parada

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

Tabla 1

Distancia de Visibilidad De Parada (Metros)

Velocidad directriz (Km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

2.5.2.6.3. Visibilidad de adelantamiento

Es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 15 km/h menor.

Con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2:

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad directriz (Km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

2.5.2.7. Alineamiento horizontal

2.5.2.7.1. Curvas horizontales

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada. En el Tabla 5 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas

2.5.2.7.2. Curvas de transición

Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario

intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en el Tabla 03, se usarán curvas de transición. Cuando se usen curvas de transición, se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler.

Tabla 3:

Necesidad de curvas de transición

Velocidad directriz (Km/h)	Radio m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que L_{min} ni mayor que $L_{máx}$, según las siguientes expresiones:

$$L_{min} = \frac{0.0178 \times V^3}{R} \dots\dots\dots(2)$$

$$L_{máx} = (24R)^{0.5} \dots\dots\dots(3)$$

R = Radio de curvatura circular horizontal

L_{min} = Longitud mínima de la curva de transición

$L_{máx}$ = Longitud máxima de la curva de transición en metros

V = Velocidades directriz en Km/h

La longitud deseable de la curva de transición, en función del radio de la curva circular, se presenta en el Tabla 4.

Tabla 4:

Longitud Deseable De La Curva Transición

Radio de curva circular (m)	Longitud deseable de la curva transición (m)
20	11
30	17
40	22
50	28
60	33

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

2.5.2.7.3. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida.

De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$M = R(1 - \cos \frac{28.65S}{R}) \dots\dots\dots(4)$$

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

2.5.2.7.4. El peralte de la carretera

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(5)$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan.

Tabla 5:

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad directriz (Km/h)	f _{máx}
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Estos valores de Radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En esta misma Tabla se muestra los valores de la fricción transversal máxima.

Tabla 6:

Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción (f _{máx})	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4	0.18	14.3	15
30	4	0.17	33.7	35
40	4	0.17	60	60
50	4	0.16	98.4	100
60	4	0.15	149.1	150
20	6	0.18	13.1	15
30	6	0.17	30.8	30
40	6	0.17	54.7	55
50	6	0.16	89.4	90
60	6	0.15	134.9	135
20	8	0.18	12.1	10
30	8	0.17	28.3	30
40	8	0.17	50.4	50
50	8	0.16	82	80
60	8	0.15	123.2	125
20	10	0.18	11.2	10
30	10	0.17	26.2	25
40	10	0.17	46.6	45
50	10	0.16	75.7	75
60	10	0.15	113.3	115
20	12	0.18	10.5	10
30	12	0.17	24.4	25
40	12	0.17	43.4	45
50	12	0.16	70.3	70
60	12	0.15	104.9	105

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En carreteras cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2.5%

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte pleno, se desarrolla en una longitud de vía denominada transición. La longitud de transición del bombeo en aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso. Se denomina longitud de transición de

peralte a aquella longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

En el Tabla 07 se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.

Tabla 7:

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad directriz (Km./h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

El giro del peralte se hará, en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como, por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

2.5.2.7.5. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. A continuación presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

Tabla 8:

Ancho de la calzada en curvas circulares (calzada de dos carriles de circulares (m))

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.7	0.55	0.39	0.3	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.3	0.22	0.18
40					2.68	2.2	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.5	0.4	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.1	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.5	0.43	0.33	0.27

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m.

2.5.2.8. Alineamiento vertical

2.5.2.8.1. Consideraciones para el alineamiento vertical

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continúan entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.

Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.

En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

2.5.2.8.2. Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras no pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas y la longitud de curva vertical será igual:

$$L = K \times A \dots\dots\dots(6)$$

K= Índice de curvatura

A= Diferencia algebraica de las pendientes

Los valores de los índices K se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 09:

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Velocidad directriz Km./h	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.6	.-	.-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Tabla 10:

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Velocidad Directriz Km/H	Distancia de Visibilidad de Frenado M.	Índice de Curvatura K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

2.5.2.8.3. Pendiente

En los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en el TABLA N°10.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3 000 msnm, los valores máximos del TABLA N°10 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

Las reglas que se dan al respecto se pueden reducir a dos enunciados que son los siguientes:

1ra. Cuando los radios de curva son inferiores a 150 m, se suele disminuir la pendiente de la curva en 0.5% por cada 15 m. que el radio baje de 150 m.

2da. Para radios menores de 100 m, la pendiente en la curva no debe exceder del 5%.

Además la fórmula que regula la disminución de la pendiente en curvas es la siguiente:

$$C = \frac{38i}{R} \dots\dots\dots(7)$$

C = Reducción de la pendiente (en tanto por ciento)

i = Pendiente (en tanto por ciento)

R = Radio de la curva (en metros)

Tabla 11:

Pendientes máximas

VELOCIDAD DE DISEÑO	OROGRAFÍA TIPO			
	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%.

Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en la tabla anterior son aplicables.

En curvas con radios menores a 50 debe evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

2.5.2.9. Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente.

Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos.

La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal, pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical.

Esta condición puede resultar insegura especialmente en la noche, si el conductor no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones.

Para efectos del drenaje, deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no sean cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte.

El diseño horizontal y vertical de una carretera deberá estar coordinado de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura.

Concretamente, se evitará que circulando a la velocidad de diseño, se produzcan pérdidas visuales de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

Para conseguir una adecuada coordinación de los diseños, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la zona de curvas de transición (Clotoide) en planta y lo más alejados del punto de radio infinito o punto de tangencia de la curva de transición con el tramo en recta.

En tramos donde sea previsible la aparición de hielo, la línea de máxima pendiente (longitudinal, transversal o la de la plataforma) será igual o menor que el diez por ciento.

2.5.2.10. Sección transversal

2.5.2.10.1. Calzada

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico $IMDA < 50$, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril, en los demás casos la calzada se dimensionará, para dos carriles.

En el Tabla 11, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla 12:*Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m)*

Tráfico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km/h	*	**		**		**	
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

*Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

2.5.2.10.2. Bermas

A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior al cuatro por ciento (4%). En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al cuatro por ciento (4%).

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es

igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7%, la berma superior quedará inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%.

2.5.2.10.3. Ancho de la plataforma

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

2.5.2.10.4. Plazoletas

Los ensanches de plataforma (plazoletas) están determinados en función de la clasificación del tipo de orografía cuya relación se encuentra definida en la Tabla 304.12 de la Norma de DG – 2014.

Tabla 13:

Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones Mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3	30	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3	30	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3	25	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25	2,000	2,500	2,500

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico (DG-2014), Tabla 304.12

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido. La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma.

2.5.2.11. Eje de la carretera.

El eje de la carretera se detalla en la vista en planta del proyecto horizontal que se mostraran en planos.

Este eje está compuesto por alineamientos horizontales rectos, enlazados por alineamientos horizontales curvos. Este eje, se encuentra seccionado partiendo del punto inicial de carretera (Po) cada 20 metros o menos hasta llegar al punto final de carretera (PF).

Paralelos al eje se dibujan los bordes de la calzada y de los espaldones.

También se ubican sobre este eje las obras de arte, tales como alcantarillas puentes sumideros etc., pero que esta investigación no se tendrá en cuenta.

2.5.2.11.1. Curvas horizontales.

Según Crespo Villalaz en su libro, Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos “Vías de comunicación”, hace mención lo siguiente: La curva circular simple, es la que prevalece en el diseño de este proyecto. Sus elementos obedecen a la geometría y a la trigonometría de un arco de curva, sostenido por una cuerda que se proyecta entre un mismo radio.

Las ecuaciones para el cálculo de los componentes de las curvas simples son:

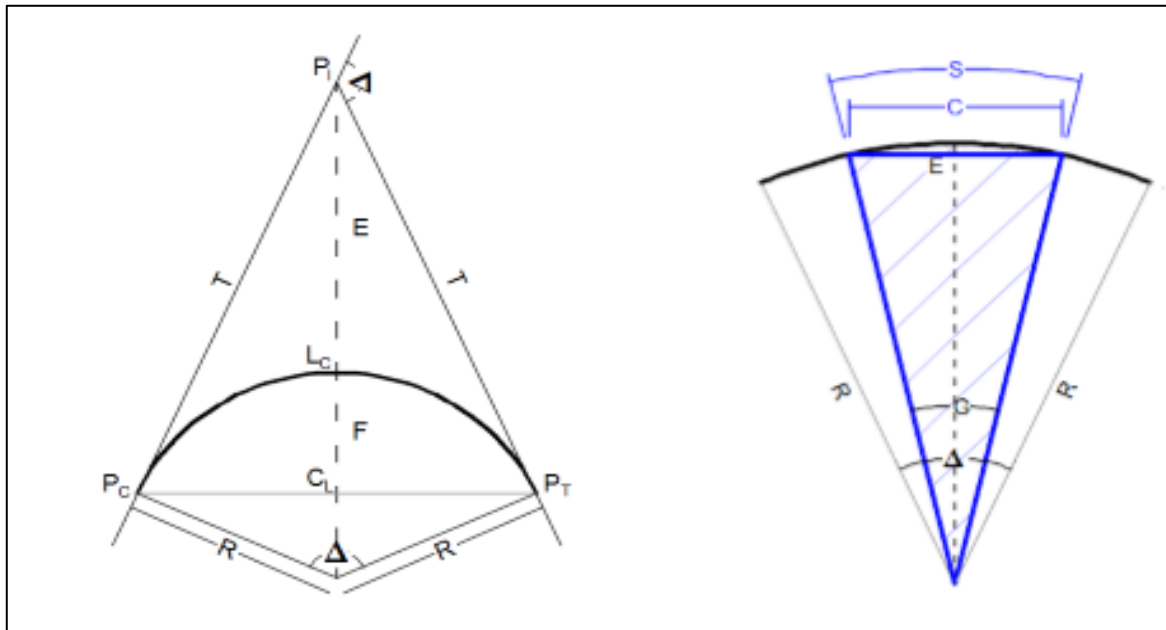


Figura 5: Figura de curva horizontal (Elaboración Propia)

Tangente:

$$T = R \times Tg \left(\frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Grado de Curvatura:

$$G_C = \left(\frac{C \times 360^\circ}{2 \times \pi \times R} \right) \dots\dots\dots(9)$$

Longitud de Curva:

$$L_C = \frac{C \times \Delta}{G_C} \dots\dots\dots(10)$$

Externa:

$$E = T \times Tg \left(\frac{\Delta}{4} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Cuerda Larga:

$$C_L = 2R \times Sen \left(\frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(12)$$

Flecha:

$$F = R(1 - \cos(\frac{\Delta}{2})) \dots\dots\dots(13)$$

Principio de Curva:

$$PC = PI - T \dots\dots\dots(14)$$

Punto de Tangencia:

$$PT = PI + T \dots\dots\dots(15)$$

2.5.2.11.2. Sobreancho.

Según Harold Alberto Ramírez García, en su informe de ingeniería nos indica que: En las carreteras, los vehículos que transitan en ella e ingresan a una curva se exponen a la invasión de carriles por parte de los vehículos que viajan en dirección opuesta, usualmente los pesados, por motivo de sus mayores dimensiones.

Es por esto que en tramos complicados se realiza un ensanchamiento de la calzada en el borde interno para ofrecer mayor seguridad y facilidad a los conductores para superar la curva.

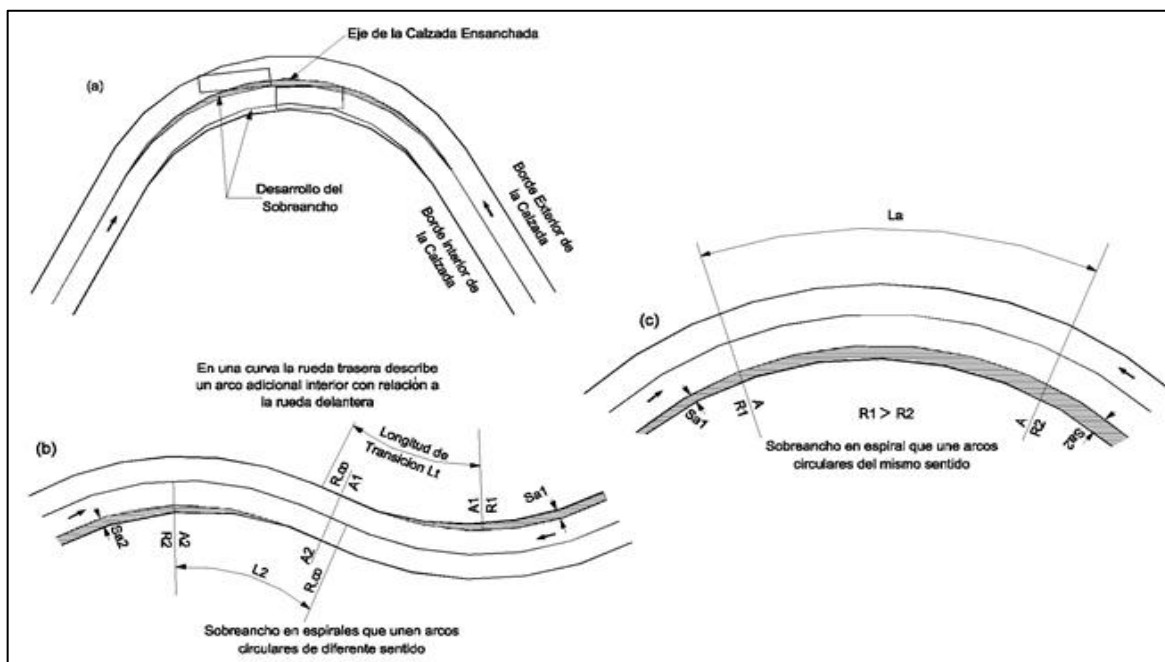


Figura 6: Sobreancho en curvas (Informe de ingeniería (Harold Alberto Ramírez García))

2.5.2.11.3. Diseño vertical.

Según, Juan Nicolás Moreno Bayona, “Manual para Diseño de Carreteras”, nos indica que: se debe especificar información relacionada a la altimetría, como el perfil longitudinal, curvas verticales, el peralte, etc. También sus parámetros más importantes tales como gradientes longitudinales, gradientes transversales, bombeos, cotas, etc.

2.5.2.11.4. Perfil longitudinal.

Según Crespo Villalaz, en su libro, Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos “Vías de comunicación”, hace mención lo siguiente: Es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela a la misma. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se lo denomina subrasante.

Aquí se detallan los alineamientos verticales, su gradiente longitudinal así como las curvas verticales con sus parámetros más importantes y cotas respectivas. Se denota la línea roja que representa el perfil del terreno natural sobre el que se construirá el proyecto que a su vez será denotado con la línea negra.

2.5.2.12. Catálogo estructural de superficie de rodadura

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adopta como representativa la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120) \dots \dots (16)$$

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

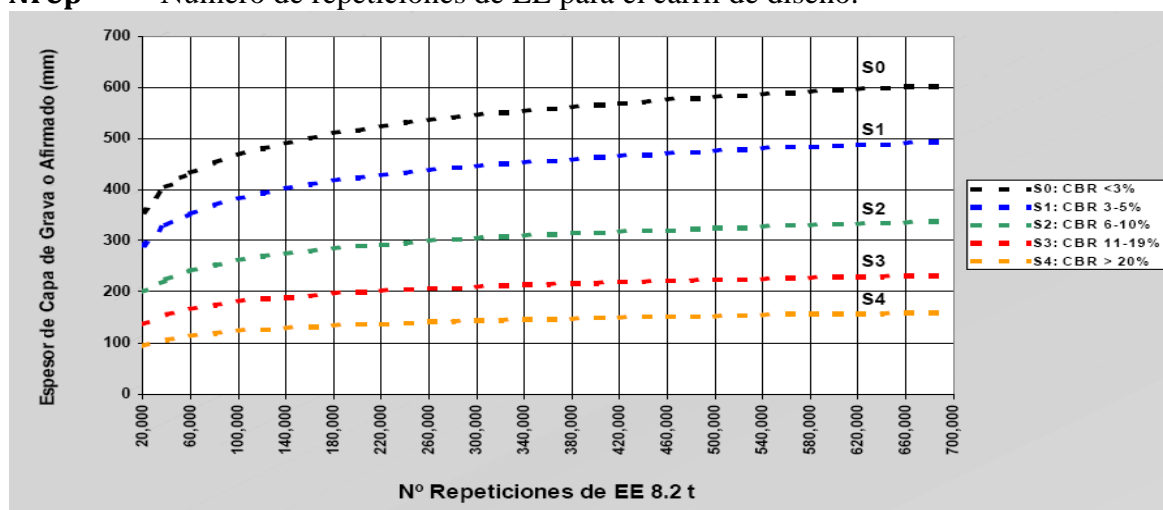


Figura 7: Determinación de espesor de capa de revestimiento granular (Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito).

Sin ser una limitación, en éste manual de diseño se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura para cada tipo de tráfico y de subrasante. Estos han sido elaborados en función de la ecuación indicada.

El espesor total determinado, está compuesto por una capa de afirmado, por la granulometría del material y aspectos constructivos, el espesor de la capa de afirmado no será menor de 150mm y en todo caso, se podrán ajustar las secciones de afirmado en función de las condiciones y experiencias locales.

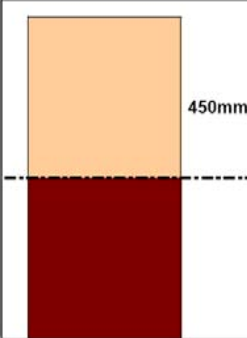
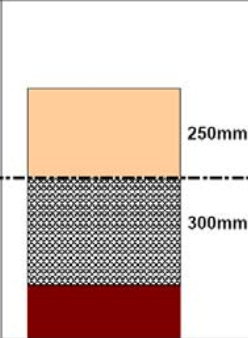
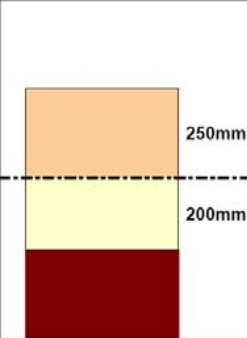
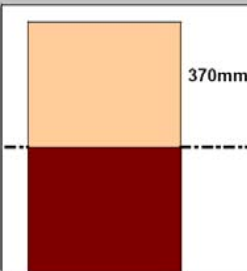
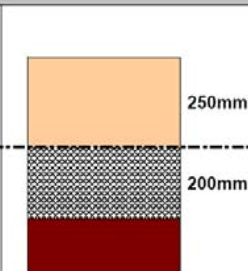
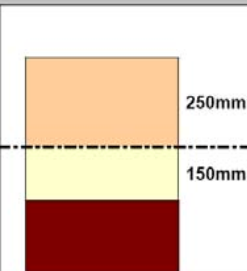
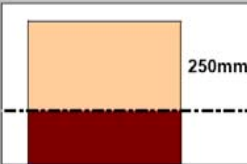
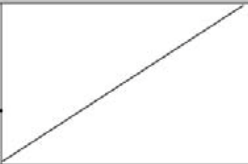

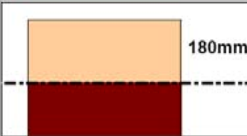


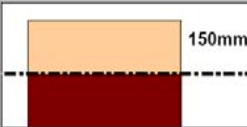
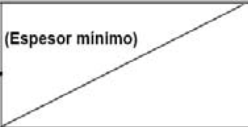



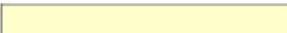

TIPO DE SUBRASANTE	CLASE TRÁFICO: T1 IMDa: 16 - 50 vehículos Vehículos pesados (Buses+Camiones) carril de diseño: 6 - 15 vehículos pesados Número de repeticiones de EE 8.2tn (carril de diseño): 3.2E+04 - 7.9E+05		
	A: subrasante sin mejoramiento, perfilado y compactado	B: con mejoramiento de subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%	C: con mejoramiento de subrasante con adición de cal, cemento o químicos
S0 SUBRASANTE MUY POBRE CBR < 3%			
S1 SUBRASANTE POBRE CBR 3% - 5%			
S2 SUBRASANTE REGULAR CBR 6% - 10%			
S3 SUBRASANTE BUENA CBR 11% - 19%			
S4 CBR = > 20%			
----- Nivel superior de la subrasante perfilado y compactado al 95% de la MDS			
 Subrasante			
 B: Con mejoramiento de subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%			
 C: Con mejoramiento de subrasante con adición de cal, cemento o químicos, para obtener un CBR > 6%			
 Capa de afirmado Tipo 1			

Figura 8: catálogo de capas de revestimiento granular (manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito).

2.5.2.13. Materiales y partidas específicas de la capa granular de rodadura

2.5.2.13.1. Capa de afirmado

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la carretera afirmada.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: Su uso como superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos está expuesto a perderse porque es inestable. En construcción de carreteras, se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas del tránsito y, además, debe tener la cualidad de ser drenante.

Gradación de los materiales de la capa de afirmado

La capa del afirmado estará adecuadamente perfilada y compactada, según los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto.

Afirmado tipo 1: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. El espesor de la capa será el definido en el presente Manual para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clases T0 y T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día.

Afirmado tipo 2: Corresponde a un material granular natural o de grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la

plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T2, con IMD proyectado entre 51 y 100 vehículos día.

Afirmado tipo 3: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o por chancado, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T3, con IMD proyectado entre 101 y 200 vehículos día.

Tabla 14:

Granulometría para cada tipo de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	TRÁFICO T0 Y T1: TIPO 1 IMD<50 VEH.	TRÁFICO T2: TIPO 2 51 - 100 VEH.	TRÁFICO T3: TIPO 3 101 – 200 VEH.
50 mm (2")	100	100	
37.5 mm (1 ½")		95 – 100	100
25 mm (1")	50 – 80	75 – 95	90 – 100
19 mm (¾")			65 – 100
12.5 mm (½")			
9.5 mm (3/8")		40 – 75	45 – 80
4.75 mm (Nº 4)	20 – 50	30 – 60	30 – 65
2.36 mm (Nº 8)			
2.00 mm (Nº 10)		20 – 45	22 – 52
4.25 um (Nº 40)		15 – 30	15 – 35
75 um (Nº 200)	4 – 12	5 – 15	5 – 20
Índice de plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

2.5.2.14. Estabilizaciones

La estabilización de un suelo, es un proceso que tiene por objeto mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua, etc. De esta forma, se podrán utilizar suelos de características marginales como subrasante o en capas inferiores de la capa de rodadura y suelos granulares de buenas características, pero de estabilidad insuficiente (CBR menor al mínimo requerido) en la capa de afirmado.

La estabilización puede ser granulométrica o mecánica, conformada por mezclas de dos o más suelos de diferentes características, de tal forma que se obtenga un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, etc. También la estabilización se realiza mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Entre los más utilizados están la cal y el cemento, pero también se emplean cloruro de sodio (Sal), cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, escorias y productos químicos. La

aplicación de estos últimos estará de acuerdo a la norma MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos.

El grado de estabilización depende del tipo de suelo, del aditivo utilizado, de la cantidad añadida, y muy especialmente de la ejecución.

La técnica de estabilización de suelos se aplicará utilizando materiales granulares locales y el material estabilizador que permita una solución más económica sobre otras alternativas.

Se considera que dentro de los métodos más prácticos desde el punto de vista de su aplicación son los que a continuación se indican:

2.5.2.14.1. Capa superficial del afirmado

La colocación de la capa superficial del afirmado es opcional, pero de colocarse el espesor de esta capa se deducirá del espesor total calculado para la capa de afirmado. El espesor de la capa superficial del afirmado, no será menor al mínimo constructivo de 100mm.

Un buen material para capa superficial de afirmado deberá estar constituido principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante. El material debe ser de buena estabilidad, resistente a la abrasión. No permitir el levantamiento de polvo que provoque un mínimo desgaste de neumáticos, económico y de fácil mantenimiento.

Diversos tipos de materiales son convenientes como capa superficial del afirmado, como los agregados triturados que al mezclarse con otros materiales locales proporcionan una distribución y características de tamaño necesarias para la construcción apropiada de la capa superficial del afirmado.

El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%, siendo deseable que sea de 60% para los casos de excesivo tráfico de vehículos pesados (omnibuses y camiones).

Los agregados pueden clasificarse en tres categorías:

1. Agregados con deficiencia de finos.
2. Agregados con suficiente cantidad de finos.
3. Agregados con exceso de finos.

Estas tres clases se pueden utilizar como materiales de la capa superficial del afirmado, pero necesitan ser modificados con la adición de otros materiales.

Los agregados que son deficientes en finos se les pueden añadir materiales finos de fuentes locales tales como arenas, limos o arcillas. Las arcillas pueden ser utilizadas con los agregados de la capa superficial del afirmado, especialmente en zonas particularmente

secas, porque proporcionan una capa de rodadura excelente para el afirmado. Sin embargo, puede haber problemas por excesiva humedad.

Los agregados con exceso de finos pueden ser utilizados incorporando otros agregados con poco contenido de finos, se mezclan hasta homogenizar el producto y obtener la cantidad de finos necesarios

Tal como se indicó, los agregados para la capa superficial del afirmado deben ser de alta resistencia y con una granulometría bien gradada, para que la mayoría de los vacíos sean llenados y la compactación requerida, 100% de la MDS, sea obtenida.

Una capa superficial del afirmado correctamente diseñada con los materiales adecuados, permitirá obtener una excelente superficie de rodadura en las carreteras de bajo volumen de tránsito.

Tabla 15:

Características de la plasticidad para la capa superficial del afirmado.

Clima	Características de la plasticidad para la capa superficial del afirmado	
	Límite líquido No debe exceder (%)	Rango de plasticidad (%)
Húmedo – lluvioso	35	4 – 9
Árido - Seco	55	15 – 30

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

2.5.2.14.2. Estabilización granulométrica

La estabilización granulométrica consiste en mezclar dos o más suelos para obtener un material de características admisibles para ser utilizado como subrasante o como afirmado. En general, se deben utilizar materiales locales a fin de optimizar los costos de preparación y de transporte.

Normalmente uno de los suelos es el natural de la subrasante y el otro es el de aporte para mejorar sus propiedades. Por ejemplo, se puede añadir a un suelo granular sin finos, otro de grano fino y cierta plasticidad, a fin de obtener una mezcla de mayor cohesión, más fácil de compactar, más impermeable y en suma más estable.

2.5.2.15. Fuente de materiales - Cantera

Se efectuará un estudio de canteras - fuentes de materiales para rellenos, capa de afirmado y para obras de concreto hidráulico. Para el caso de canteras que tengan estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potencia de las mismas.

Las canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se

efectuarán en base a calicatas de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El número mínimo de calicatas será de 6 de 3.0 m de profundidad o alternativamente 12 calicatas de 1.5 m de profundidad por hectárea por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, mínimo 06 pruebas por tipo de ensayo a fin de

El informe geotécnico de canteras – fuentes de materiales deben incluir, al menos, la siguiente información:

Ubicación y potencia de la cantera.

Condiciones de explotación tales como nivel freático, accesos, pendientes, taludes, etc.

Características principales de los materiales que puedan obtenerse.

Características y propiedades de los materiales para definir su aptitud como agregados para rellenos, afirmado, macadam granular, grava, concreto, etc.

Rendimientos por tipo de uso, limitaciones o condicionantes constructivas que puedan restringir su uso (por ejemplo, condiciones de humedad, sobre tamaño, etc.)

Propiedad y disponibilidad de uso de la cantera o fuente de materiales.

Ubicación de las fuentes de agua y su calidad para ser usada en la obra.

2.5.2.16. Topografía

2.5.2.16.1. Topografía y trazado

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel a escalas convenientes para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.

En los reconocimientos, se recomienda usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados, no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1mm.

En los diseños definitivos, se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales. Y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas.

Los planos topográficos para proyectos definitivos de gran magnitud deben estar referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, para lo cual deberá señalarse en el plano el hito Datum o BM tomado como referencia.

El trazado se referirá a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de PIs, PCs y PTs, etc.

El levantamiento topográfico puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta ser el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para la carretera y su derecho de vía. La alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permitirá el estudio en gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos.

En el caso del levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de la carretera, el trabajo se realizara simultáneamente con el estacado preliminar en el terreno y seguramente definitivo. Este trazado constituye lo que se denomina el trazado directo. El sistema alternativo se denomina trazado indirecto.

2.5.2.16.2. Coordinación entre el trazo en planta y el trazo en elevación

El trazo geométrico de una carretera resulta de la combinación armoniosa de las características de su planta y de su perfil. Si se analiza independientemente cada una de ellas, es posible que se cumpla con los requisitos obligados por las normas; pero si se combinan, por ejemplo, los análisis de visibilidad, es posible que se tenga que hacer algunas modificaciones para que ésta se cumpla en la planta y en el perfil conjuntamente.

Para obtener esta combinación armoniosa y eficaz de acuerdo a las normas establecidas, y con el objeto de tener soluciones que se adecuen al terreno y a consideraciones de menos costo y mayor seguridad, se debe observar las siguientes reglas:

Las características geométricas serán uniformes evitándose variaciones bruscas, tanto de radios como de pendientes, lo que favorece la fluidez del tránsito y evita cambios bruscos en la velocidad directriz.

Debe evitarse colocar curvas horizontales en los puntos altos o bajos del perfil longitudinal.

Se evitará hasta donde sea posible las tangentes largas con puntos altos y bajos (tobogán).

El trazado en conjunto armonizará con el paisaje o en todo caso deberá perturbar lo menos posible.

Evitar cruces de carreteras en curvas horizontales o verticales y, en todo caso, estudiar muy bien la visibilidad para las maniobras de salida y entrada de la carretera.

2.5.2.17.Drenaje superficial

2.5.2.17.1. Consideraciones generales

a) Finalidad del drenaje superficial

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

El drenaje superficial comprende:

La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.

La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.

La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

b) Criterios funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales, según se menciona a continuación:

Las soluciones técnicas disponibles.

La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.

Los daños que, eventualmente, producirían los caudales de agua correspondientes al período de retorno, es decir, los máximos del período de diseño.

Al paso del caudal de diseño, elegido de acuerdo al período de retorno y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua será tal que no produzca daños por erosión ni por sedimentación.

El máximo nivel de la lámina de agua será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.

No alcanzará la condición de catastróficos los daños materiales a terceros producibles por una eventual inundación de zonas aledañas a la carretera, debido a la sobre elevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de drenaje transversal.

c) Período de retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial, está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el período para el cual se diseña la carretera. En general, se aceptan riesgos más altos cuando los daños

probables que se produzcan, en caso de que discurra un caudal mayor al de diseño, sean menores y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños cuando los daños probables sean mayores.

El riesgo o probabilidad de excedencia de una caudal en un intervalo de años, está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el período de retorno.

Tabla 16:

Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos períodos de retorno

Período de retorno (años)	Años de vida útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.30%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%
10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Se recomienda adoptar períodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas y para las alcantarillas de alivio. Para las alcantarillas de paso, el período de retorno aconsejable es de 50 años. Para los pontones y puentes, el período de retorno no será menor a 100 años. Cuando sea previsible que se produzcan daños catastróficos en caso de que se excedan los caudales de diseño, el período de retorno podrá ser hasta de 500 años o más.

Tabla 17:

Períodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito

TIPO DE OBRA	PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

d) Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial, pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente.

Entre los elementos del drenaje superficial de la plataforma, el riesgo es especialmente importante en los sumideros y colectores enterrados debido a la presencia de basura o sedimentación del material transportado por el agua. Para evitarlo, se necesita un adecuado diseño, un cierto sobre dimensionamiento y una eficaz conservación o mantenimiento.

El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal (alcantarillas de paso y cursos naturales), fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:

Riesgo alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de tamaño parecido.

Riesgo medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.

Riesgo bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

Si el riesgo fuera alto, se procurará que las obras de drenaje transversal no funcionen a sección llena, dejando entre el nivel superior de la superficie del agua y el techo del elemento un borde libre, para el nivel máximo del agua, con un resguardo mínimo de 1.5 m, mantenido en una anchura no inferior a 12 m. Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad. Si estas condiciones no se cumplen, se tendrá en cuenta la sobre elevación del nivel del agua que pueda causar una obstrucción, aplicando en los cálculos una reducción a la sección teórica de desagüe. También se podrá recurrir al diseño de dispositivos para retener al material flotante, aguas arriba y a distancia suficiente. Esto siempre que se garantice el mantenimiento adecuado.

Deberá comprobarse que la carretera no constituya un obstáculo que retenga las aguas desbordadas de un cauce o conducto de agua y prolongue de forma apreciable la inundación después de una crecida.

e) Daños debidos a la escorrentía

A efectos del presente manual, únicamente se considerarán como daños a aquellos que no se hubieran producido sin la presencia de la carretera. Es decir a las diferencias entre los efectos producidos por el caudal debido a la carretera y de sus elementos de drenaje superficial y aquellos que se originaban antes de la construcción.

Estos daños pueden clasificarse en las categorías siguientes:

Los producidos en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato (sedimentaciones, erosiones, roturas).

Las interrupciones en el funcionamiento de la carretera o de vías contiguas, debidas a inundación de su plataforma.

Los daños a la estructura del afirmado, a la plataforma de la carretera o a las estructuras y obras de arte.

Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas podrán considerarse catastróficos o no. No dependen del tipo de carretera ni de la circulación que esta soporte, sino de su emplazamiento.

2.5.2.17.2. Elementos físicos de drenaje superficial

Cunetas

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte. Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el Tabla 21.

Tabla 18:

Dimensiones mínimas de las cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.2	0.5
Lluviosa	0.3	0.75
Muy lluviosa	0.5	1

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la cuneta es igual o mayor de 4%, deberá revestirse con piedra y lechada de cemento, u otro revestimiento adecuado.

Badenes

Los badenes son una solución satisfactoria para los cursos de agua que descienden por pequeñas quebradas. Descargando esporádicamente caudales con fuerza durante algunas horas, en épocas de lluvia y arrastrando materiales sólidos.

Los badenes tienen como superficie de rodadura una capa de empedrado de protección o cuentan con una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

2.5.2.17.3. Hidrológica y cálculos hidráulicos

Las dimensiones de los elementos del drenaje superficial serán establecidas mediante métodos teóricos conocidos de acuerdo a las características hidrológicas de la zona por donde pasa la carretera tomando en cuenta la información pluviométrica disponible.

El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza, representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía. Cuando las cuencas son pequeñas, se considera apropiado el método de la fórmula racional para la determinación de los caudales. Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas. El tiempo de recorrido del flujo en el sistema de cauces de una cuenca o tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de precipitación se puede deducir por la fórmula:

$$T = 0.3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{3/4} \dots\dots\dots(8)$$

Siendo:

T = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce principal en km.

J = Pendiente media.

Esta fórmula no es aplicable al flujo sobre la plataforma de la carretera dado que este flujo es difuso y lento.

Cuando se disponga de información directa sobre niveles o cualidades de la avenida, se recomienda comparar los resultados obtenidos del análisis con esta información directa.

El caudal de diseño en el que desagua una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{3.6} \dots\dots\dots(9)$$

Q = Caudal m³/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un período de retorno dado, en mm/h.

A = Área de la cuenca en km².

C = Coeficiente de escorrentía.

Para el pronóstico de los caudales, el procedimiento racional requiere contar con la familia de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica que se tiene, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración. En el Tabla 4.1.2.c se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán

usarse, con criterio y cautela, para el cálculo de la intensidad cuando no se disponga de mejor información.

Tabla 19:

Coefficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la precipitación en horas	Coefficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.9
20	0.93
22	0.97
24	1
48	1.32

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Tabla 20:

Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía

CONDICIÓN	VALORES			
	K1 = 40	K1 = 30	K1 = 20	K1 = 10
1. Relieve del terreno	Muy accidentado pendiente superior al 30%	Accidentado pendiente entre 10% y 30%	Ondulado pendiente entre 5% y 10%	Llano pendiente inferior al 5%
2. Permeabilidad del suelo	K2 = 20 Muy impermeable roca sana	K2 = 15 Bastante impermeable arcilla	K2 = 10 Permeable	K2 = 5 Muy permeable
3. Vegetación	K3 = 20 Sin vegetación	K3 = 15 Poca, Menos del 10% de la superficie	K3 = 10 Bastante, Hasta el 50% de la superficie	K3 = 5 Mucha, Hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de retención	K4 = 20 Ninguna	K4 = 15 Poca	K4 = 10 Bastante	K4 = 5 Mucha

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Tabla 21:*Coeficiente de escorrentía*

K = K1 + K2 + K3 + K4 *	C
100	0.8
75	0.65
50	0.5
30	0.35
25	0.2

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito**Tabla 22:***Coeficiente de escorrentía*

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Pavimento asfáltico y concreto	0.70 – 0.95
Adoquines	0.50 – 0.70
Superficie de grava	0.15 – 0.30
Bosques	0.10 – 0.20
Zonas de vegetación densa	
• Terrenos granulares	0.10 – 0.50
• Terrenos arcillosos	0.30 – 0.75
Tierra sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivadas	0.20 – 0.40

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Para el cálculo de la velocidad y del caudal en un canal con régimen hidráulico uniforme, se puede emplear la fórmula de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(10)$$

$$Q = VA$$

Q = Caudal m³/s

V = Velocidad media m/s

A = Área de la sección transversal ocupada por el agua m²

P = Perímetro mojado **m**

R = **A/P**; Radio mojado **m**

S = Pendiente del fondo m/m

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla 23:*Valores del coeficiente de manning*

Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.03
Tubo de concreto	0.01	0.015	0.02

Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.02
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.03
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.03
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.04
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.04	0.05
Canal sin revestir con maleza tupida	0.05	0.08	0.12
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.03	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.04	0.6

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad y si estas condiciones no se cumplen, se tendrá en cuenta la sobre elevación del nivel del agua que pueda causar una obstrucción, aplicando en los cálculos una reducción a la sección teórica de desagüe. También se podrá recurrir al diseño de dispositivos para retener al material flotante, aguas arriba y a distancia suficiente.

2.5.3. Marco conceptual: Terminología básica

Diseño geométrico: Estudio de una carretera tomando como base el tráfico que soporta; el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

Camino vecinal: Es el elemento básico del sistema vecinal que constituye la red alimentadora de los sistemas departamental y/o nacional y esencialmente son aquellos que unen pequeños poblados o aldeas entre sí o las vinculan a carreteras más importantes por el cual el tráfico de diseño está clasificado como bajo volumen y en consecuencia sus características.

Peralte: es la sobreelevación que se da al borde exterior de la superficie de rodadura con relación al borde interior en los tramos en curva, para contrarrestar la fuerza centrífuga que se genera en los vehículos al cambio de dirección.

Berma: Franjas situadas a ambos lados de una superficie de rodadura de tipo superior que contribuyen a resistir lateralmente las cargas que recibe aquella y que eventualmente pueden ser utilizados por los vehículos en emergencia para estacionarse temporalmente o para dar paso a otros vehículos.

Sobreancho: Es el ancho adicional que se debe dar a la superficie de rodadura en los tramos de curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Carril: Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Calzada: Es la superficie terminada de camino cuyo ancho total incluye la superficie de rodadura, el sobreancho y las bermas.

Rasante: Línea que une las cotas de una carretera terminada.

Curva de transición: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular.

Curva vertical: Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

Derecho de vía: Faja de ancho variable dentro de la cual comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.

Índice medio diario (Imd): Numero promedio de vehículos medido en un periodo de 24 horas, del total de vehículos que pasan por una sección determinada de vía.

Velocidad directriz: Es la escogida para el diseño en un determinado de la carretera, de acuerdo a las características topográficas del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar un excesivo movimiento de tierras, preservándose las condiciones de seguridad.

Sección transversal: Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

Transito: Todo tipo de Vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquiera camino para transporte o para viaje.

Talud: Inclinación o declive del terreno que se ubica a ambos lados del camino rural.

Visibilidad de parada: Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que impacte un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria desde el instante en que tal objeto es divisado por el conductor.

Visibilidad de paso: Distancia de visibilidad de paso, es la mínima longitud de camino que debe ser capaz de ver libremente el conductor de un vehículo, a fin de poder sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, sin poner en peligro la seguridad de un tercer vehículo que se aproxima en sentido opuesto y/o la de aquel que pretende adelantar.

Afirmado. Capa de material selecto procesado o semi procesado de acuerdo al diseño que se coloca sobre la sub rasante de una carretera, funciona como capa de rodadura y de soporte de tráfico en carreteras no pavimentadas.

Bombeo. Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

Bm. Es un punto topográfico de elevación fija que sirve de control para la construcción de carreteras de acuerdo a los niveles de proyecto. Generalmente está constituido por un hito o monumento.

Camino. Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados, peatonales y animales, con excepción d vías férreas.

Carretera. Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carretera pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por material bituminoso (flexible) o de concreto portland (rígida).

Carretera no pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Distancia de Adelantamiento. Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto.

Distancia de Cruce. Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

Distancia de parada. Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención.

Diseño geométrico. Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta; el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

Drenaje. Conjunto de obras que tienen como fin evacuar las aguas superficiales y subterráneas que afectan a una vía.

Eje. Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

Elemento. Alineación, en planta o perfil, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

En planta: Tangente (acimut constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante)

En perfil: Tangente (pendiente constante), curva parabólica (parámetro constante)

Escorrentía. Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

Explanación. Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

Hidrología. Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas en general.

Guardavías. Sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.

Índice medio diario anual (IMDA). El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

Línea de gradiente. Es una línea quebrada que tiene una determinada pendiente y sirve para ubicar la posible poligonal que servirá de base para el estudio definitivo.

Pavimento. Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines. Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

Pendiente. Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

Peralte. Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

Plataforma. Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

Sección transversal. Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

Terraplén. Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

Señalización vial. Conjunto de elementos ubicados a lo largo de la carretera con el fin de brindar información gráfica para la orientación de seguridad de los usuarios.

Subrasante. Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

Tramo. Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera. Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos.

Vía. Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación públicas de vehículos y o peatonales.

2.5.4. Marco histórico.

Desde comienzos del siglo XX y con grandes esfuerzos, se vienen construyendo carreteras y ferrocarriles, con el fin de eliminar el aislamiento entre nuestros pueblos y surjan al desarrollo económico y cultural actual, enfrentándose a la variada geografía del Perú la cual es la primera condición difícil que se presenta para el desarrollo del transporte.

En el gobierno de Augusto Bernardino Leguía, la base de la modernización de los sectores sociales tenía que pasar por una política vial agresiva. Teniendo esto en cuenta, una de las principales obras durante este gobierno fue la **ley de Conscripción Vial** la misma que fue aprobada el 6 de abril de 1920 entre los diputados, sin embargo no toda la opinión pública

estuvo de acuerdo con esta y el 11 de mayo el gobierno aprobó la Ley de Conscripción Vial o del Servicio Obligatorio de Caminos y El 3 de setiembre se dio un reglamento provisorio para su funcionamiento, tanto en sus niveles de administración de los recursos materiales como humanos. En un principio, todo hombre entre 18 y 60 años tenían que trabajar gratuitamente por 6 a 12 días al año, en la construcción y apertura de carreteras y aquellos que no querían trabajar debían de abonar al Estado un impuesto y con ello se construyó un total de 17682 km.

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78.000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC).

La mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales y las trochas carrozables. La vía nacional Paita – Tarapoto – Yurimaguas es una Importante vía que une a San Martín con los departamentos de Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas y Loreto. Hasta el 2016 el MTC ah pavimentado el 86,2% de la red vial nacional, que a julio del 2011 estaba pavimentada al 54,2%.

En la actualidad los gobiernos locales atravez de la institución como IVPs se realizan las gestiones necesarias para los trabajos de mantenimiento de las vías vecinales y caminos de herradura de cada una de las provincias, con el objetivo de mantener las vías de comunicación en buen estado de transitabilidad y contribuir al desarrollo socioeconómico de las comunidades beneficiadas.

2.5.5. Hipótesis a demostrar.

El Diseño Geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo (Km 00+000 Al 05+000) del distrito de Habana, la provincia de Moyobamba, Región de San Martín, formará parte del expediente técnico para su ejecución y de esta manera permitirá contar con un servicio de transito eficiente para el transporte de los productos y con ello contribuir al desarrollo socioeconómico de la población beneficiaria.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materiales

3.1.1. Recursos humanos

Trabajos De Campo

Estudios Topográficos

01 Topógrafo (Tesista)

01 ayudantes porta jalón

01 ayudantes porta mira

Estudios de Suelos

01 Tesista

01 Técnico de Laboratorio

03 ayudantes en excavación

Trabajo De Gabinete

01 Tesista

3.1.2. Recursos materiales

Materiales de Campo

Pintura

Estacas

Libreta de campo y lápiz HB

Herramientas manuales de Excavación

Materiales de Gabinete

Papel bon A-4

Lapiceros de colores

3.1.3. Recursos equipos

Equipos de Campo

Estación Total

G.P.S.

01 Cámara Fotográfica

01 Wincha

01 Mira

01 Jalón

01 Trípode

Equipos de Gabinete

01 Laptop

01 Calculadora científica

3.1.4. Otros recursos

Materiales bibliográficos: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas bajo volumen de tránsito.

Software de cómputo como: Word, Excel, power point, Autocad y Civil 3D.

Movilidad y viáticos

Plotter: Hp Designjet 510

Impresora

Materiales de escritorio

3.2. Metodología

3.2.1. Universo y muestra

3.2.1.1. Universo

El universo está compuesto por todos los caminos vecinales de la región de San Martín.

3.2.1.2. Muestra

La muestra está compuesta lo camino vecinal Camino Vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo, distrito de Habana, provincia de Mayabamba región San Martín.

3.2.2. Sistema de variables

3.2.2.1. Variable independiente

Levantamiento topográfico, estudios de mecánica de suelos y estudios hidrológicos.

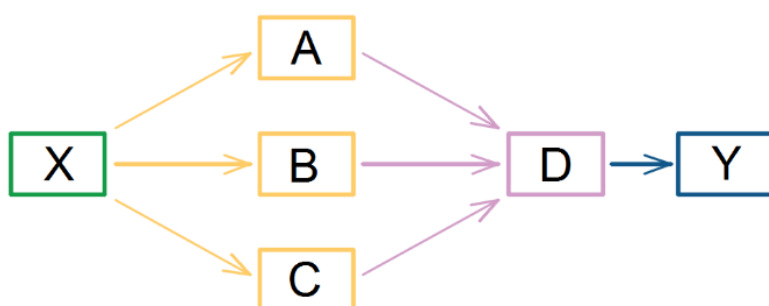
3.2.2.2. Variable dependiente

Diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo.

3.2.3. Diseño experimental de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se realizara en gabinete y en campo

El diseño de investigación tiene el siguiente esquema



X: Situación inicial problemática que requiere la intervención de estudio.

A: Aplicación teórica para el diseño geométrico del camino vecinal.

B: Aplicación de trabajos de topografía y estudios de mecánica de suelos.

C: Estudios adicionales para complementar la información

D: Estudios de compatibilidad de alternativas que respaldaran la toma de decisiones para definir el mejor sistema de solución.

Y: Resultado de la investigación que presenta la validación de la hipótesis enunciada, Servicio eficiente de transitabilidad para satisfacer la necesidad de transportar los productos cultivados en la zona.

3.2.4. Diseño de instrumentos

3.2.4.1. Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

En cuanto a los instrumentos de selección de datos no existe un instrumento específico dado que la investigación no es experimental, pero si la utilización de equipos de topografía y mecánica de suelos.

Fuentes Técnicas:

Asesoramiento Profesional.

Levantamiento topográfico

Estudio de mecanica de suelos

Información del manual de Diseño Geometrico y bibliografia adecuada para la investigacion como se menciona en el marco teórico.

Instrumentos de selección de datos:

La informacion se aquidquirio a travez de los trabajos directamente en campo y por por parte de la Municipalidad distrital de Habana y el Instituto Vial Provincial Municipal de Moyobamba.

3.2.5. Procesamiento de la información

La información recopilada en campo se procesó de forma computarizada, empleando programas de ingeniería Civil tales como CIVIL 3D y AutoCAD, hojas de cálculo Microsoft Excel y para texto el programa Microsoft Word, teniendo en cuenta los pasos, TABLA y formulas indicadas en el **Manual Para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.**

3.2.5.1. Análisis e interpretación de datos

Para el análisis y cálculos con los datos obtenidos en campo se empleó el Manual para Diseño de Carretera no Pavimentos de Bajo Volumen de Transito, con fecha del 04 de abril del año 2008, aprobado por la Resolución Ministerial N°303-2008-MTC/02, para el diseño

del pavimento el método empleado fue NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) y para interpretar los resultados de los ensayos se utilizó las normas ASTM

3.2.5.2. Información del proyecto:

3.2.5.2.1. Secciones transversales

Para determinar el ancho de la sección transversal se consideró la información y normas establecidas en la **Tabla 1:** Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito del Manual para diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, el cual incluye el ancho de calzada y la cuneta no revestida.

3.2.5.2.2. Trazo del perfil longitudinal

Perfil Longitudinal

En el proyecto, por tratarse de diseño geométrico y cálculo del espesor del afirmado, para mejorar la carpeta de rodadura y ancho, se trató de adaptar la rasante del terreno al tipo de terreno ondulado que presenta.

Pendientes

En el tramo se encontraron algunas fuertes pendientes las cuales se han reducido con algunos cortes del terreno y ajustándose a los valores recomendados en el manual para diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito indicados en el Tabla Pendientes Máximas.

3.2.5.3. Clasificación de la vía

Según la normatividad para el diseño de carreteras, una vía puede clasificarse según su jurisdicción, según su demanda y según las condiciones orográficas.

Según su Jurisdicción

El tramo vial en estudio, se clasifica como camino vecinal, pues se trata de una vía de carácter local articula los centros de producción agropecuaria de los sectores Cantorcillo y Misho hacia la localidad de Habana y los mercados de la región.

Según su Demanda

Según la demanda, la vía queda clasificada como trocha carrozable.

Sin embargo para realizar el diseño geométrico se considera los criterios de diseño carreteras de Tercera Clase

Según su Orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

Tabla 24:*Clasificación por orografía*

Terreno Plano (tipo 1)	Terreno Ondulado (tipo 2)	Terreno Accidentado (tipo 3)	Terreno Escarpado (tipo 4)
Tiene pendientes transversales al eje de las vías menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.	Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

Fuente: Manual de Carreteras: “Diseño geométrico” (DG-2014)

De acuerdo a las características topográficas del terreno sobre el cual se desarrolla el trazo la vía se clasifica en terreno plano (tipo 1) y terreno ondulado (tipo 2).

De acuerdo a las características orográficas la zona de estudio presenta terrenos variables con un predominio de terreno plano con **orografía tipo 1** (longitud de 4.48km de un total de 5.0 km), tal como se muestra en el siguiente TABLA.

Tabla 25:*Orografía según tramos*

Sector	Long. (Km)	Terreno	Orografía	Pendiente Longitudinal
Km 0+000 – Km 1+680	1.680	Plano	Tipo 1	< de 3%
Km 1+680 – Km 2+000	0.320	Accidentado	Tipo 3	Entre 6% y 8%
Km 2+000 – Km 2+200	0.200	Ondulado	Tipo 2	Entre 3% y 6%
Km 2+200 – Km 5+00	2.80	Plano	Tipo 1	< de 3%

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.4. Criterios generales de aplicación**3.2.5.4.1. Velocidad directriz**

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición se encuentra íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

Tabla 26:*Velocidad de diseño*

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de Primera Clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de Segunda Clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de Primera Clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de Segunda Clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de Tercera Clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Carreteras: “Diseño geométrico” (DG-2014)

A partir de la tabla Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía, que relaciona la velocidad de diseño con la clasificación de la carretera y la orografía que atraviesa, se tiene que para una carretera de Tercera Clase y Orografía Tipo 1, la velocidad directriz varía entre 40 km/h y 90 km/h; sin embargo existen tramos de orografía accidentada por lo que se considera una velocidad de diseño de 30 km/h. El tramo en estudio Emp. Pe-08b (Habana) – Sector Cantorcillo según las normas de diseño geométrico y características que presenta, los criterios generales son:

Velocidad Directriz : 30 km

Categoría : Tercera clase (T1)

Longitud : 5 Km

Ancho de Calzada : 4.0 m

Radio Mínimo : 10.0 m

Ancho de Berma : 0.5 m

Bombeo : 3.0 %

Pendiente Máxima : 10 %

3.2.5.5. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal permitirá conservar siempre la velocidad directriz de diseño.

3.2.5.6. Curvas horizontales

3.2.5.6.1. Radios mínimos normales

Según las normas de diseño de carretera y para el caso del proyecto se consideró el radio mínimo de 10 m.

3.2.5.6.2. Peraltes y sobreanchos

En el proyecto y según las normas de diseño de carretera, todas las curvas horizontales deben ser peraltadas con la finalidad de contrarrestar la fuerza centrífuga, así mismo el sobre ancho permite aumentar el ancho de la calzada ya que en las curvas el vehículo ocupa mayor ancho que en los tramos rectos.

3.2.5.7. Secciones transversales

3.2.5.7.1. Calzada

El ancho de calzada resultará de la suma del ancho de la carpeta de rodadura y el ancho de berma y en las curvas será la suma del ancho de la carpeta de rodadura, el ancho de berma y el sobreancho.

3.2.5.7.2. Plazoletas de cruce

Se ha previsto ubicar las plazoletas de cruce cada 500 m y las dimensiones de 30.0 x 3.0 m como se indica en la en el TABLA N°13 según las normas del manual de carreteras-Diseño Geométrico (DG-2014).

3.2.5.7.3. Transición de peralte

Los valores que se consideran son de acuerdo a las Normas como se indica en el TABLA N° 07, en el cual se recomiendan valores de transición en función de la velocidad directriz y del valor del peralte.

3.2.5.8. Trazado de perfil longitudinal

3.2.5.8.1. Perfil longitudinal propuesto

Para la nivelación de la vía se realizó con la ayuda del G.P.S. en circuitos cerrados colocando sobre la base del BM ubicado al inicio del camino vecinal para obtener la cota del punto de partida, para luego proceder a la nivelación de las estacas de la poligonal obteniéndose la cota de cada una de ellas.

3.2.5.8.2. Pendientes

Según las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras los valores máximos y mínimos de las pendientes para el trazo de perfil longitudinal son:

Pendiente mínima : 0.5 %

Pendiente máxima : 12.00 %

3.2.5.9. Exploración de canteras

Para el proyecto se consideró dos canteras para con las descripciones siguientes:

Cantera Garate: Esta cantera es privada y está ubicada en el distrito de Soritor, fuera del área del proyecto a 8.95 Km del inicio (Km 0+000) de tramo del proyecto. Esta cantera está conformada por depósitos de material grueso y fino proveniente del cerro para la capa de afirmado.

Cantera Bajada de Inguri: Esta cantera es privada y está ubicada a la altura de la progresiva 2+100 de la vía, lado izquierdo, conformada por depósitos de material fino y granular, para el Mejoramiento de fundación de terraplenes y relleno en obras de arte.

3.2.5.10. Estudios de mecánica de suelos

En campo

Las metodologías seguidas para la ejecución del estudio de suelos se realizó primeramente un recorrido minucioso a fin de establecer la ubicación de las calicatas y realizar los muestreos de los suelos conformantes de la estratigrafía del camino, incidiendo principalmente en hacer un muestreo de los suelos más representativos y así evaluar su valor relativo de soporte (SPT) con fines de diseño del afirmado.

Las calicatas se ubicaron aproximadamente a 500 m uno del otro, por la topografía plana del terreno y el tipo de suelo existente en toda la vía, según el reconocimiento del terreno de la vía, se optó por 10 calicatas debido a la topografía plana, siendo las excavaciones o pozos exploratorios a “cielo abierto” de 1.50 metros de profundidad mínima.

Muestreo alterado.- Se han recuperado muestras alteradas de cada uno de los tipos de suelos encontrados durante las excavaciones, en cantidad suficiente o representativa, para realizar los ensayos de clasificación de suelos y se ha recolectado 06 muestras.

Muestreo Inalterado.- Se han recuperado muestras inalteradas de las calicatas a una profundidad promedio de 1,50 metros y acondicionadas para el traslado al laboratorio en total 01 muestras, para determinar su peso volumétrico.

Registro de excavaciones.- Paralelamente se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como humedad, plasticidad, granulometría y los ensayos especiales de proctor modificado y CBR.

En laboratorio

Las muestras tomadas en las progresivas antes mencionadas fueron remitidas a laboratorio para su procesamiento. Los ensayos a los cuales fueron sometidas las muestras tienen como marco o Standard las normas ASTM y/o AASTHO actualmente vigentes.

3.2.5.10.1. Ubicación de calicatas realizadas

Las calicatas excavadas con sus respectivas profundidades alcanzadas se indican en el TABLA siguiente:

Tabla 27:

Ubicación de calicatas

Calicatas	Profundidad	Ubicación	Coordenadas	
			Este	Norte
C-01	1.50 m.	00+000	269527.23	9327570.33
C-02	1.50 m.	00+500	269915.71	9327262.9
C-03	1.50 m.	01+000	270268.88	9326915.29
C-04	1.50 m.	01+500	270701.15	9326697.46
C-05	1.50 m.	02+000	271068.37	9326500.34
C-06	1.50 m.	00+500	271552.98	9326524.49
C-07	1.50 m.	03+000	272023.95	9326413.5
C-08	1.50 m.	03+500	272388.46	9326662.69
C-09	1.50 m.	04+000	272625.8	9327058.5
C-10	1.50 m.	04+500	272640.95	9327508.42
C-11	1.50 m.	05+000	272495.94	9327950.23

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.10.2. Muestreo de suelos y pruebas practicadas

Las muestras de campo recolectadas, se trasladaron al laboratorio para realizar los estudios necesarios y determinar la capacidad portante del suelo, cuyos resultados se presentan en el **Anexo 4:** Estudios de mecánica de suelo.

3.2.5.10.3. Capacidad portante CBR

Para la determinación de la Capacidad portante de la sub rasante se realizaron pruebas de CBR en cada una de las calicatas. Estos valores se detallan en el anexo de Estudios de Suelos.

3.2.5.10.4. Ensayos de laboratorio efectuados

Las muestras tomadas en las progresivas antes mencionadas fueron remitidas a laboratorio para su procesamiento. Los ensayos a los cuales fueron sometidos las muestras tienen como marco o Standard las normas ASTM y/o AASTHO actualmente vigentes, las cuales son:

Ensayos estandar	Norma usada
Contenido de Humedad: D2216	NTP 339.127 ASTM
Determinación de material q/pasa tamiz N° 200	ASTMD1140

Análisis Granulométrico por Tamizado:	NTP 339.128 ASTM D422
Límites de Atterberg:	NTP 339.129 ASTM D4318
Límite Líquido y Límite Plástico	
Índice de Plasticidad	
Clasificación Unificada de Suelos:	NTP 339.134 ASTM D2487, ASTM D3282
Ensayos especiales	Norma usada
Relaciones Humedad Densidad (Proctor Modificado):	NTP 339.141 ASTM D1557
CBR:	NTP 339.142 ASTM D1883

3.2.5.11. Estudio de tráfico

3.2.5.11.1. Volumen de tráfico

En el **Anexo 1** Estudio De Tráfico, con los Tablas de conteo y clasificación vehicular, tenemos la Tabla de resultados.

Tabla 28:

Resumen del volumen promedio diario anual (veh/día)

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
VL (Automovil + Camioneta)	5	56%
C.R.	3	33%
VP (Camion 2E, 3E)	1	11%
IMD	9	100%

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.11.2. Numero de repeticiones de ejes equivalentes

Número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Toneladas, para el periodo de diseño, de acuerdo a la fórmula:

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2t} = \frac{[EE_{día_carril} \times 365 \times (1 + t)^{n-1}]}{t}$$

$$EE_{día_carril} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$$

$$EE = N^{\circ} \text{ de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{Factor de Presión de Llantas}$$

$$365 = \text{Número de días del año}$$

$$t = \text{Tasa de crecimiento y proyección anual de vehículos pesados en la región } 3.6\%$$

$$EE = \text{Ejes Equivalentes}$$


$$\text{Factor Direccional} = 0.5 \text{ Corresponde a caminos de dos direcciones por calzada}$$

$$\text{Factor Carril} = 1, \text{ corresponde a un carril por dirección o sentido}$$

$$\text{Factor de Presión de Llantas} = 1, \text{ este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular}$$

$$\text{Máximo período de diseño} = 10 \text{ años y vehículo pesados de 2 ejes.}$$

IMD = N° de vehículos según tipo =1 (Vehículo Pesado)

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS		LONG. MÁXIMA (M)
C2			12.3
	$EE_{S1} = [P/6.6]^4$	$EE_{S2} = [P/8.2]^4$	
Ejes	E1	E2	
Carga Según Censo de Carga (t)	7	10	
Tipo de Eje	Rueda Simple	Rueda Doble	
Peso	7	10	Total Factor Camión C2
Factor E.E.	1.265	2.212	3.477

Total de Factor Camion C2 = Factor de carga = 3.477

3.2.5.11.2.1. Calculo de número de repeticiones

$EE = \text{N° de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{Factor de Presión de Llantas}$

$$EE = 01 \times 3.477 \times 1 = 3.477$$

$EE_{\text{día_carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$

$$EE_{\text{día_carril}} = 3.477 \times 0.5 \times 1 = 1.7385$$

$$\text{Nrep de EE 8.2t} = \frac{[EE_{\text{día_carril}} \times 365 \times (1 + t)^{(n-1)}]}{t}$$

$$\text{Nrep de EE 8.2t} = \frac{[1.7385 \times 365 \times (1 + 0.036)^{(10-1)}]}{0.036} = 24,232.7586$$

3.2.5.12. Diseño de pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la ecuación del método NAASRA, que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

3.2.5.13. Estudio hidráulico

3.2.5.13.1. Obras de drenaje

3.2.5.13.1.1. Alcantarillas, badenes y cunetas longitudinales

Alcantarillas y badenes

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se ha tenido en cuenta la función que cumplirá cada una de ellas dentro del proyecto, ya sea para el alivio de las áreas de cultivos y el paso de agua de riego, La pendiente del conducto o canal será adoptada según las condiciones topográficas del lugar de emplazamiento de la estructura y será como mínimo 0.5%.

La velocidad del flujo máxima para que no se produzca daños por erosión, se considera una velocidad máxima de 2.14 m/s para alcantarillas de 24" de diámetro y 2.80 m/s para alcantarillas de 36" de diámetro y de 3 a 6.0 m/s para alcantarillas de concreto.

La velocidad mínima del flujo dentro del conducto para que no se produzca sedimentación es igual a 0.25 m/s. El máximo nivel de la lámina de agua será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m, siendo recomendable como mínimo un borde libre del 25% de la dimensión vertical de la estructura.

Pendiente transversal de 2%, y la longitud dependerá del ancho de calzada de la vía.

Cunetas longitudinales

La proyección de las cunetas estarán al borde de la calzada, para encauzar escurrimiento de las aguas, la cuales tendrán forma triangular y sus dimensiones son de 0.50 m de profundidad y 0.75 m de ancho considerando la zona es muy lluviosa.

Dadas las condiciones topográficas del terreno y por ende la pendiente longitudinal se ha previsto el revestimiento de la cuneta en zonas con pendientes mayores a 4%. El revestimiento será de concreto simple de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.5.14. Señales de tránsito

En el presente proyecto no se ha considerado de señalización horizontal por ser un proyecto a nivel de afirmado, por lo que el tipo de señalización considerada en el proyecto es las señales verticales las mismas que desde el punto de vista funcional se clasifican en:

Las señales de reglamentación: Tiene la forma circular inscrita dentro de una placa rectangular en la que también está contenida la leyenda explicativa del símbolo, con excepción de la señal de «PARE», de forma octogonal, y de la señal "CEDA EL PASO", de la forma de un triángulo equilátero con el vértice hacia abajo.

Las señales de prevención: Tiene la forma romboidal, un cuadrado con la diagonal correspondiente en posición vertical, con excepción de las de delineación de curvas; CHEVRON, cuya forma será rectangular correspondiendo su mayor dimensión al lado vertical y las de «ZONA DE NO ADELANTAR» que tendrán forma triangular.

Las señales de información: Tiene la forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, a excepción de los indicadores de ruta y de las señales auxiliares.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Recopilación de información

4.1.1. Vista de campo preliminar

Se ha realizado la visita de campo preliminar para el reconocimiento del camino y considerar el trazo y las obras de artes necesarias, así mismo se visitó a las comunidades y sectores beneficiarios con el proyecto para conocer los productos cultivados en la zona y la importancia del mejoramiento de esta vía.

4.1.2. Estudio socioeconómico

Tabla 29:

Población del distrito de habana

Distritos	Urb.	Rural	Población	porcentaje
Habana	1,210	516	1,726	100.0%
Total				100.0%

Fuente: Censos nacionales 2017 – INEI

Tabla 30:

Tabla de producción de los principales cultivos en la zona del proyecto

Cultivos	Has. Sembradas	Producción (Tn.)
Arroz	850	5,950.00
Yuca	60	300
Plátano	135	540
Maíz	80	640
Café	430	2,150.00
cacao	10	40
Papaya	10	50
TOTAL	1,575	9,670.00

Fuente: Agencia Agraria – Moyobamba.

4.2. Diseño geométrico de la carretera

4.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con G.P.S. y Estación tota, y a partir de ello se clasificó la vía en estudio y presenta la siguiente característica.

Tabla 31:

Control altimétrico

BM	PROGRESIVA	COTA	UBICACIÓN (LADO)
0	00+000	859.257 msnm	Izquierdo
0.5	00+500	863.139 msnm	Derecho
1	01+000	868.263 msnm	Izquierdo
2	02+000	842.395 msnm	Izquierdo
2.5	02+500	838.610 msnm	Izquierdo
3	03+000	838.672 msnm	Izquierdo
3.5	03+500	839.320 msnm	Derecho
4	04+000	837.510 msnm	Derecho
4.5	04+500	835.910 msnm	Izquierdo
5	05+000	836.910 msnm	Derecho

Fuente: Elaboración Propia – Datos Obtenidos En Campo

4.2.2. Velocidad de diseño

Según los parámetros del Manual de Diseño Geométrico D. G. 2014, a partir de las características de la vía se optó por el siguiente valor

Tabla 32:

Velocidad de diseño

Progresiva	Velocidad Directriz (km/h)
00+000 – 05+000	30

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Determinación del radio de curvatura

Según el Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito el radio mínimo será, como se indica.

Tabla 33:

Radio mínimo

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción fmax	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	8	0.17	28.3	30

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Teniendo en cuenta los parámetros indicados, en el proyecto, los radios considerados para cada una de las curvas son:

Tabla 34:

Radio de curvatura

Nº PI	RADIO
PI-1	50
PI-2	40
PI-3	35
PI-4	30
PI-5	30
PI-6	60
PI-7	90
PI-8	30
PI-9	30

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Distancia de visibilidad

Teniendo en cuenta la velocidad Directriz, los parámetros del Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito es el siguiente.

Tabla 35:

Distancia de visibilidad

Velocidad directriz km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Distancia de visibilidad de parada (metros)
30	200	35

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

4.2.5. Sección transversal

4.2.5.1. Calzada

Teniendo en cuenta la vía es de bajo volumen de Transito (T1) y el IMD proyectado, los parámetros del Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito estipula que el ancho de calzada debe variar entre 3.5 m – 6.0 m, por lo que se ha determinado un ancho de calzada de **4.00 m** para el proyecto.

4.2.5.2. Bombeo

El Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito indica que, en las carreteras de bajo volumen de tránsito se puede sustituir el bombeo por una

inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada, teniendo en cuenta los valores, para el proyecto se adoptó el valor de 3.0%

4.2.5.3. Plazoletas de cruce

Las Plazoletas de cruce tendrán una sección 3.00m por 30.0m y estarán ubicadas cada 500 metros, como nos indica el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, y en el proyecto están ubicadas como indica la Tabla 08

Tabla 36:

Ubicación de las plazoletas de cruce.

PROGRESIVAS	LADO
00+500	Izquierdo
00+900	Derecho
01+340	Izquierdo
02+070	Derecho
02+630	Izquierdo
03+165	Derecho
04+345	Derecho

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Alineamiento horizontal

Los elementos de las curvas horizontales se calcularon como se indica en el **Anexo 2 Diseño Geométrico**, teniendo en cuentas las normas y formulas indicadas en los manuales para diseño de carreteras y los valores obtenidos se muestra en la Tabla 10.

Tabla 37:

Elementos de curvas horizontales

N°	S	DELTA	RADIO	TANG.	L.C	EXT.	P.I	PC	PT	S.A.	P (%)
PI											
PI-1	I	53°03'13"	50	24.96	46.3	5.88	1+612.93	1+587.97	1+634.27	1.4	4
PI-2	D	89°20'46"	40	39.55	62.38	16.25	1+724.51	1+684.96	1+747.34	1.7	5
PI-3	I	84°02'24"	35	31.54	51.34	12.11	1+924.32	1+892.78	1+944.12	2	6
PI-4	I	55°47'35"	30	15.88	29.21	3.94	3+114.77	3+098.88	3+128.10	2.2	7
PI-5	D	68°52'33"	30	20.57	36.06	6.38	3+299.50	3+278.93	3+314.99	2.2	7
PI-6	D	64°40'54"	60	37.99	67.73	11.02	3+693.38	3+655.39	3+723.12	1.2	3
PI-7	D	75°05'49"	90	69.18	117.96	23.52	3+857.83	3+788.65	3+906.61	0.9	2
PI-8	I	65°56'06"	30	19.46	34.52	5.76	4+476.18	4+456.72	4+491.24	2.2	7
PI-9	D	84°11'30"	30	27.1	44.08	10.43	4+562.51	4+535.41	4+579.49	2.2	7

Fuente: Elaboración Propia

4.2.7. Perfil longitudinal

Tabla 38:

Pendiente Longitudinal

TRAMO	PROGRESIVA		LONGITUD	(m)	PENDIENTE (%)
	INICIO	FIN			
1	00+000	00+300	300.00		+0.506
2	00+300	00+500	200.00		-0.522
3	00+500	00+700	200.00		+1.514
4	00+700	00+900	200.00		+0.586
5	00+900	01+300	400.00		+1.00
6	01+300	01+620	320.32		-0.137
7	01+620	01+800	179.68		-3.700
8	01+800	01+955	154.82		-7.00
9	01+955	02+160	205.18		-4.00
10	02+160	02+454	294.00		-0.590
11	02+454	02+594	140.00		+0.800
12	02+594	02+852	258.48		-0.680
13	02+852	03+100	247.52		-0.510
14	03+100	03+200	100.00		+1.800
15	03+200	03+600	400.00		-0.200
16	03+600	04+100	500.00		-0.330
17	04+100	04+500	400.00		-0.136
18	04+500	04+900	400.00		+0.565
19	04+900	05+000	100.00		-0.355

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Estudio de suelos

4.3.1. Tipos de suelos de la subrasante

En la Tabla 10, se describen los tipos de suelos encontrados según los estudios de suelos

Anexo 4: Estudio de Mecánica de Suelos en cada una de las calicatas según la clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 39:*Tipos de suelos de la sub-rasante*

Calicatas	Ubicación	Profundidad	Tipo de suelo	
			SUCS	AASHTO
C-01	00+000	1.50 m.	CL	A-7-5
C-02	00+500	1.50 m.	CL	A-7-5
C-03	01+000	1.50 m.	CL	A-7-5
C-04	01+500	1.50 m.	CL	A-6
C-05	02+000	1.50 m.	CL	A-6
C-06	00+500	1.50 m.	CL	A-6
C-07	03+000	1.50 m.	CH	A-7-6
C-08	03+500	1.50 m.	CL	A-7-5
C-09	04+000	1.50 m.	CH	A-7-6
C-10	04+500	1.50 m.	CH	A-7-6
C-11	05+000	1.50 m.	CH	A-7-6

Fuente: Elaboración Propia**4.3.2. Capacidad portante (CBR)**

En la Tabla 11, se describen los valores del C.B.R. según los estudios de suelos **Anexo 4 Estudio de mecánica de suelos** en cada una de las calicatas.

Tabla 40:*Valores de C.B.R.*

Calicatas	Ubicación	C.B.R.
C-01	00+000	4.95
C-02	00+500	4.33
C-03	01+000	5.45
C-04	01+500	11.15
C-05	02+000	14.00
C-06	00+500	9.80
C-07	03+000	3.50
C-08	03+500	3.90
C-09	04+000	3.65
C-10	04+500	4.53
C-11	05+000	3.10

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Estudio de cantera

4.4.1. Cantera “Garate”

Esta cantera es privada y está ubicada en el distrito de Soritor con una distancia de acceso de 8.95 km con respecto al punto de inicio (KM 0+000) del proyecto, está compuesto de material granular proveniente del cerro y adecuado para la capa de afirmado.

4.4.1.1. Potencia

Las condiciones geológicas de la cantera, permiten su explotación mediante extracción directa, tiene un rendimiento global del 85 %, y una potencia de 4,640,000.00 m³.

Tabla 41:

Ensayos de laboratorio

ENSAYOS Y METODO USADO	
Clasificación SUCS	: GC
Clasificación AASHTO	: A-2-4(0)
Humedad Natural	: 16.59 %
Máxima Densidad Seca	: 1.960 gr/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	: 10.30 %
CBR (95% M.D.S.)	: 47.60 %

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Cantera “La bajada de Inguri”

Esta cantera es de propiedad de la municipalidad distrital de Habana y está ubicada a la altura del Km 02+100 de tramo del proyecto, está compuesto de material fino y granular, adecuado el mejoramiento de fundación de terraplenes, la clasificación SUCS es **CL** y su clasificación AASHTO **A-6(6)**

4.4.2.1. Potencia

Las condiciones geológicas de la cantera, permiten su explotación mediante extracción directa, tiene un rendimiento global del 90 %, y una potencia de 27,267.64 m³.

Tabla 42:

Ensayos de laboratorio

ENSAYOS Y METODO USADO	
Clasificación SUCS	: CL
Clasificación AASHTO	: A-6(6)
Humedad Natural	: 12.43 %
Máxima Densidad Seca	: 1.780 gr/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	: 16.70 %
CBR (95% M.D.S.)	: 8.20 %

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Fuentes de agua

Durante el recorrido por la carretera, se ha podido identificar fuentes de agua, las mismas han sido escogidas considerando su accesibilidad.

La facilidad para la extracción de agua y principalmente el flujo permanente que presentan, lo que garantiza el aprovisionamiento de agua por todo el año. Las fuentes de agua identificadas son:

Fuente De Agua N° 1

Ubicación : En el km 0+000 de la carretera en estudio al lado Derecho de la vía.

Acceso : Km 0+000 de la vía en estudio

Fuente : Agua potable Habana

Uso : Obras de Concreto

Fuente de Agua N° 2

Ubicación : En el km 02+880 de la carretera en estudio al lado Derecho de la vía.

Acceso : A 14.0 m de la vía en estudio

Fuente : Quebrada Capellanía

Uso : Obras de concreto

Fuente de Agua N° 3

Ubicación : En el km 03+120 de la carretera en estudio al lado Derecho de la vía.

Acceso : A 45.0 m de la vía en estudio

Fuente : Río Indoche

Uso : Riego en explanaciones, rellenos, cama de grava arenosa

4.5. Diseño de pavimento

4.5.1. Diseño del espesor del pavimento

4.5.1.1. Determinación del CBR de diseño

Tabla 43:

Resumen de descripción de los suelos

PROGRESIVA	TIPO DE SUELO		IP (%)	CBR (%)
	SUCS	AASHTO		
0+000	CH	A-7-5	33.43	4.95
0+500	CL	A-7-6	27.53	4.33
1+000	CL	A-7-6	18.79	5.45
1+500	CL	A-6	15.59	11.15
2+000	CL	A-6	13.82	14
2+500	CL	A-6	17.38	9.8
3+000	CH	A-7-6	26.97	3.5
3+500	CL	A-7-6	13.81	3.9
4+000	CH	A-7-6	24.1	3.65
4+500	CH	A-7-6	16.73	4.53
5+000	OL	A-7-6	28.08	3.1

Fuente: Elaboración Propia

Para establecer el CBR de diseño, nos basamos en el criterio del Instituto del Asfalto que recomienda tomar un valor de CBR tal, que el 60, el 75 ó el 87.5% de los valores individuales sea mayor o igual que él, para determinar el valor del percentil es necesario tener en cuenta la tabla que lo relaciona con el número de ejes de 8.2 ton.

Para el diseño se tiene en cuenta los valores de CBR del resumen de descripción de suelos, obtenidos por análisis de laboratorio y correlaciones, se ordenan de mayor a menor y se establece el número y el porcentaje de valores iguales o mayores que cada uno, como se muestra a continuación:

Tabla 44:

Estimación del CBR de diseño

Nº	CBR	≥ VALORES	% VALORES ≥
1	14.00	1	9.09
2	11.15	2	18.18
3	9.80	3	27.27
4	5.45	4	36.36
5	4.95	5	45.45
6	4.53	6	54.55
7	4.33	7	63.64
8	3.90	8	72.73
9	3.65	9	81.82
10	3.50	10	90.91
11	3.10	11	100.00
68.36		Sumatoria	
6.21		CBR Promedio	
CBR = CBR diseño		6.21%	

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1.2. Espesor de la capa de afirmado

Del "Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" y de la ecuación del METODO NAASRA

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

$$\text{Nrep de EE 8.2 tn} \quad 24,232.76 = 24.232\text{E}+03$$

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} 6.21) + 58 \times (\log_{10} 6.21)^2] \times \log_{10} \times (24,232.76/120)$$

$$e = 0.21 \text{ m}$$

entonces

$$e = 0.25 \text{ m}$$

4.6. Diseño de obras de drenaje

Para el diseño de las obras de drenaje se siguió los parámetros indicados en las normas y los datos estadísticos de Senamhi, como se detalla en las hojas de cálculo del **Anexo 3 Estudio hidrológico y diseño de obras de drenaje**.

Tabla 45:

Obras de arte proyectadas (alcantarilla y baden)

N°	Progresiva	Tipo	Función	Material	Sentido de Flujo	Sección Transversal	Pendiente (%)	Diámetro
1	0+093.06	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
2	0+464.28	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
3	0+782.00	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
4	0+945.60	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
5	1+487.73	Alcantarilla	Alivio	TMC	DI	Circular	2%	Ø=24"
6	1+557.76	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
7	2+154.00	Alcantarilla	Canal de riego	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
8	2+356.49	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
9	2+455.94	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
10	2+650.78	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
11	2+929.14	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
12	3+080.00	Alcantarilla	Canal de riego	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
13	3+343.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
14	3+701.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
15	3+808.60	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
16	3+918.54	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
17	4+080.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
18	4+225.00	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
19	4+480.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
20	4+655.10	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
21	4+746.30	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
22	4+918.30	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46:

Obras de arte proyectadas (cunetas)

N°	Progresiva		Cuerpo de Estructura Proyectada					Observación
	(km)		Material	UND.	Dimensiones	Lado	Pendiente	
	Inicial	Final			Longitud (m)		(%)	
1	1+800.00	1+955.00	CA	1	155	D	-7	Cuneta revestida proyectada en el lado derecho de la vía
	1+955.00	2+154.00	CA	1	199	D	-4	

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Señalización

En el tramo del proyecto se proyectaron señales de tránsito de tipo informativa, preventiva y reglamentaria como se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 47:

Señales de tránsito proyectadas

PROGRESIVA		TIPO	LADO	DESCRIPCION
0+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
0+740	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
0+840	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
0+880	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
1+020	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
1+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
1+160	R-30	Reglamentaria	Izquierda	Velocidad Máxima (R-30)
1+520	P-3B	Preventiva	Derecha	Curva y Contracurva pronunciada a la izquierda
1+820	P-3B	Preventiva	Izquierda	Curva y Contracurva pronunciada a la izquierda
1+840	P-1B	Preventiva	Derecha	Curva Pronunciada a la Izquierda
2+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
2+000	P-1A	Preventiva	Izquierda	Curva Pronunciada a la Derecha
2+300	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
2+420	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
3+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
3+040	P-2B	Preventiva	Derecha	Curva a la Izquierda
3+200	P-2A	Preventiva	Izquierda	Curva a la Derecha
3+220	P-1A	Preventiva	Derecha	Curva Pronunciada a la Derecha
3+380	P-1B	Preventiva	Izquierda	Curva Pronunciada a la Izquierda
3+420	P-4B	Preventiva	Derecha	Contracurva a la Izquierda
3+740	P-5-1	Preventiva	Derecha	Camino Sinuoso
3+780	P-4B	Preventiva	Izquierda	Contracurva a la Izquierda
4+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
4+160	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
4+300	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
4+320	P-5-1	Preventiva	Izquierda	Camino Sinuoso
4+400	P-3A	Preventiva	Derecha	Curva y Contracurva pronunciada a la Derecha
4+640	P-3A	Preventiva	Izquierda	Curva y Contracurva pronunciada a la Derecha
5+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

5.1. Estudio socioeconómico

A través de los resultados obtenidos, se puede resaltar que las localidades y sector aledaño a la zona en estudio se encuentran en una etapa de desarrollo atrasado, debido a la falta de comunicación vial y a los bajos ingresos económicos que genera este problema.

La mayoría de los pobladores tienen como principales cultivos el arroz, plátano, yuca, café entre otros, y presentan dificultades para el transporte de estos productos ya que trasladar sus productos hacia los principales mercados de consumo local, regional y nacional.

Esta situación será superada con una alternativa de solución técnico-económica para la construcción de la carretera a nivel de afirmado, la vía se encuentra dentro de la categoría de TERCERA CLASE con una longitud de 05+000 Km, se consideró para el diseño del espesor del afirmado el Manual de Carreteras No Pavimentadas con Bajo Volumen de Transito, ya que se trata de una carretera de índice Medio Diario (IMD), menor a 200 vehículos por día.

5.2. Estudios de ingeniería

5.2.1. Estudio de suelos

Con las calicatas realizadas en la vía, de acuerdo a las normas, se han detectado en el tramo del proyecto sectores con presencia de suelos inadecuados, como son los tipos CL y CH, según la clasificación de suelos por el método de SUCS, los cuales deberán ser eliminados y reemplazados con materiales adecuados de cantera.

Para determinar la capacidad portante de la sub-rasante, se realizó un total de 11 calicatas a lo largo de todo el tramo. Correspondiente a las canteras del cual se obtendrá material para el afirmado, presenta características adecuadas para ser explotada para el mejoramiento de la carpeta de rodadura del tramo.

5.2.2. Diseño geométrico de la carretera

El diseño geométrico de la carretera en estudio presenta características que benefician a los pobladores, garantizando la seguridad, el buen servicio, además es económica para una solución a menor tiempo posible. Para el diseño geométrico es determinante conocer la topografía, para determinar los diferentes parámetros máximos y mínimos que la norma de diseño para Caminos Vecinales de bajo volumen de transito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú establece.

5.2.3. Diseño del pavimento

El conteo vehicular IMD actual por día es de 09 vehículos/día (camioneta, camión, camión simple de dos ejes), la cual amerita realizar una calzada de 4.00 m de ancho, de un carril en dos sentidos y bermas de 0.5 m a cada lado del eje de la vía.

Para el dimensionamiento de espesores de afirmado, se utilizó la ecuación del método NAASRA que relaciona el valor soporte del suelo CBR y la carga actuante sobre el afirmado.

5.2.4. Diseño de obras de drenaje

Las obras de arte son el complemento de las obras viales que sirven para prevenir y proteger a la estructura vial del contacto del agua, para ello se consideró la construcción de alcantarillas, badenes y cunetas longitudinales teniendo en cuenta criterios como:

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se ha tenido en cuenta la función que cumplirá cada una de ellas dentro del proyecto, ya sea para el alivio de las áreas de cultivos y el paso de agua de riego

Se plantean la construcción de badenes como soluciones efectivas en los tramos en los cuales el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos.

Los diseños de cunetas empleados en el diseño geométrico son los recomendados en el Estudio de Hidrología e Hidráulica, las cuales han sido diseñadas teniendo en cuenta aspectos de seguridad vial y las recomendaciones vertidas en el Tópico 304.11 “Cunetas” de la DG-2014.

5.2.5. Señalización

En el tramo de la vía, se consideró la ubicación colocación de señales de tránsito preventivas, informativas y reglamentarias, así mismo la ubicación de los hitos kilométricos, los cuales permitirán el tránsito seguro en el tramo en estudio.

5.3. Contrastación de hipótesis.

La contrastación de la hipótesis se hizo a la necesidad de presentar la población para una mejora en la calidad de vía, y apunte al traslado de los productos cultivados en la zona, generando la reducción de los costos en transporte con el consecuente incremento de beneficios para productores y buscar el financiamiento para su ejecución de tal manera contar con una vía en condiciones óptimas. Por tanto la hipótesis, es correcta, porque formara parte del expediente técnico, para poder solicitar su financiamiento y así al ser ejecutada y por consecuencia mejorará las condiciones socioeconómicas de la población.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- El diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal mejorará el transporte de los productos cultivados en la zona hacia el mercado de consumo, reduciendo los costos de transporte y el buen estado de los productos, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de los productores.
- Con los estudios de mecánica de suelos se ha detectado en el tramo del proyecto presencia de suelo de tipo CL y CH lo cual indica la presencia de arcilla inorgánica de mediana y alta plasticidad, y el cálculo del CBR permitió diseñar el espesor de la capa de afirmado.

Según la categoría de la vía y las condiciones orográficas, se plantean los siguientes parámetros de diseño:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Tramo		
Emp. PE-08B (Habana) – sector Cantorcillo		
Longitud del tramo	km	05+000
Clasificación Vial		
Según su jurisdicción		Sistema vecinal
Según su demanda		Tercera clase
Según su orografía		Terreno plano (Tipo 1)*
Criterio Básico para el Diseño Geométrico		
Velocidad Directriz	Km/h	30
Diseño Geométrico de la Sección Transversal		
Espesor de afirmado granular	m	0.25
Ancho de calzada	m	4
Ancho de berma (c/lado)	m	0.5
Ancho de la plataforma	m	5
Bombeo	%	3
Peralte	%	8
Derecho de Vía	m	16
Talud de corte		01:01
Talud de relleno (H:V)		01:01.5
Cunetas	m	0.75 x 0.50
Diseño Geométrico en Planta		
Radio mínimo	m	30
Sobre ancho máximo	m	2.2
Diseño Geométrico en Perfil Longitudinal		
Pendiente mínima	%	0.14
Pendiente máxima	%	10

➤ Se proyectaron 16 alcantarillas de TMC, 06 badenes de concreto y 354.0 m de cuneta longitudinal revestida de concreto armado en el transcurso de la carretera, las cuales facilitarían la evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones y pases de agua de riego para el cultivo de arroz.

Recomendaciones

- Gestionar el mantenimiento constante de la infraestructura vial, tales como mantenimiento rutinario dando mayor prioridad a la limpieza de las obras de drenaje, para cumplir y con ello evitar problemas como pérdida de material granular, baches y deformaciones en la calzada de la vía.

- Durante la ejecución se recomienda el uso de materiales de buena calidad y controlar el cumplimiento con los requisitos mínimos requeridos, así mismo se recomienda tener especial cuidado antes de colocar el material para afirmado es decir garantizar la eliminación por completo de materiales extraños que resulten perjudiciales a los trabajos ejecutados.

Se recomienda concientizar a la población a través de capacitaciones con la finalidad de promover el cuidado y actitudes responsables ante el mantenimiento de la vía, las obras de drenaje y las señales de tránsito para garantizar el estado óptimo de la vía y la transitabilidad segura y libre de accidentes vehiculares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Crespo, C. (2017): *Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos Vías de comunicación.*
- Grandez, G. (2010): Tesis titulado, *Diseño Geométrico y Pavimento de la Carretera Tabalosos – Pinto Recodo.*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008): *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras no Pavimentadas y Bajo Volumen de Transito. Perú.*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014): *Manual de Carreteras, Diseño Geométrico.*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013): *Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos.*
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008): *Manual De Hidrología, Hidráulica Y Drenaje.*
- Moreno, J. (2002): *Manual para Diseño de Carreteras.*
- Ramírez, H. A. (2000): Tesis titulado *Diseño Geométrico de la Carretera Margen Izquierdo Rio Mayo Caserío Gobernador Caserío Sapote (KM 09+000 al KM 12+000).*
- Saldaña, P. B. (2010): Tesis titulado *Diseño de la Vía y Mejoramiento Hidráulico de Obra de Arte en la Carretera Loreto-Jorge Chávez, Inicio en el KM 7.5, Distrito de Tambopata, Región Madre de Dios.*
- Villegas, J. G. y Salas, J. (2012): Tesis *Diseño Geométrico y de Pavimentos de la carretera Ledoy - Bellavista. Morales – Perú.*

ANEXOS

